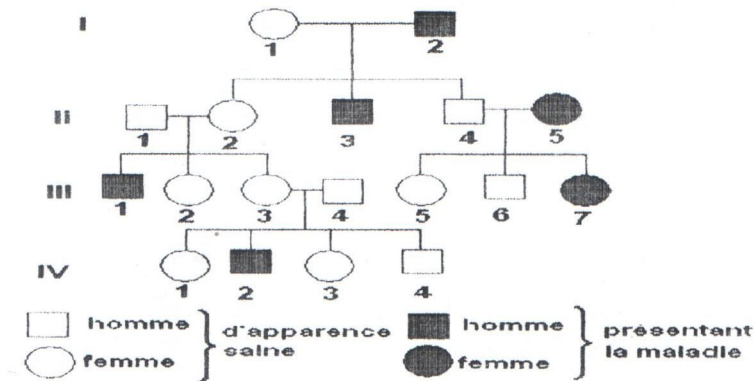


THEME IV : GENETIQUE

I-MONOHYBRIDISME

EXERCICE 80

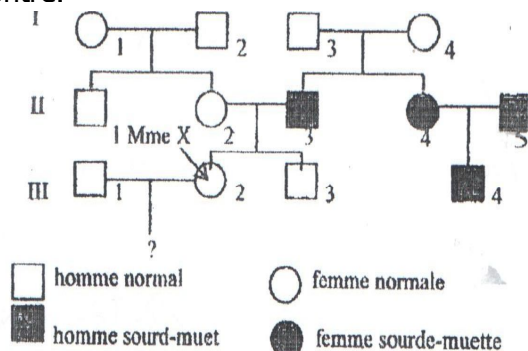
Une maladie redoutable se manifeste par des troubles digestifs et des encombrements des voies respiratoires. Les sujets atteints ont le regard anxieux, toussent sans cesse et ne grossissent pas. L'arbre généalogique ci-dessous est celui d'une famille où sévit cette maladie.



- 1) A partir d'un raisonnement logique :
 - a- Montrez que l'allèle responsable de la maladie est dominant ou récessif.
 - b- Précisez le déterminisme génétique de cette maladie (liaison ou non au sexe).
- 2) Déterminez le génotype des individus I₁, I₂, III₃, III₇ et IV₄.
- 3) L'individu IV₂ est atteint de cette maladie
 - a- Montrez que ses sœurs IV₁ et IV₃ risquent d'avoir des enfants malades.
 - b- Donnez la probabilité pour qu'elles en aient si elles épousent un homme sain.

EXERCICE 81

Madame X, qui est née d'un père sourd-muet, attend un enfant. Craignant que celui-ci soit atteint de la même « maladie », elle décide de consulter un médecin généticien qui, à la suite d'un interrogatoire établit l'arbre généalogique ci-contre.



- 1) Montrez par un raisonnement logique que l'allèle de la surdité mutité est
 - a- récessif ou dominant ;
 - b- porté par un autosome ou par un chromosome sexuel ;
- 2) A la question : « Docteur, mon enfant risque-t-il d'être sourd-muet ? » :
 - a- que va répondre le médecin ?
 - b- justifiez clairement votre réponse.
- 3) On admet qu'en France il y a environ une personne sur trente (1/30) qui, pour le caractère surdité mutité considéré, possède le génotype des grands parents paternels de Madame X (I₃ et I₄). Si Madame X risque d'avoir un enfant sourd-muet, calculez la probabilité pour qu'elle en ait un.

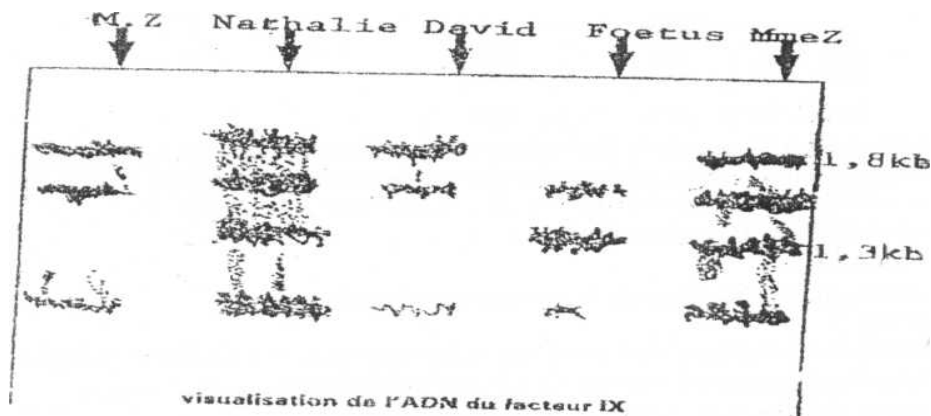
EXERCICE 82

Le daltonisme est une anomalie de la vision des couleurs gouvernée par un gène récessif d lié au chromosome sexuel X. un homme daltonien épouse une femme à vision normale. Le couple a 3 enfants : Pierre qui est daltonien, Lison qui est daltonienne, Sylvie dont la vision normale. Lison a 4 enfants : 2 garçons daltoniens et 2 filles à vision normale. Pierre qui épouse une femme à vision normale a 3 enfants, un garçon et 2 filles tous à vision normale. L'une de ces filles épouse un garçon daltonien, elle donne naissance à 5 enfants : 3 garçons et 2 filles, dont aucun n'est daltonien.

- 1) Construisez le pedigree de cette famille.
- 2) a- Ecrivez le génotype de la femme à vision normale,
b- Justifiez votre réponse.
- 3) a- Écrivez le génotype du père des enfants de Lison.
b-justifiez votre réponse.
- 4) Écrivez les génotypes de la femme de Pierre et de ses filles.
- 5) Expliquez pourquoi les petits enfants de Pierre ont tous une vision normale.

EXERCICE 83

Monsieur et Madame Z ont déjà deux enfants normaux : une fille, Nathalie, et un garçon, David. Madame Z, enceinte une nouvelle fois, est inquiète, car, dans sa famille, certains sujets sont atteints d'hémophilie B (déficit du facteur IX de coagulation du sang). A partir de quelques cellules prélevées sur Monsieur et Madame Z, sur Nathalie, David et le fœtus, on réalise le test d'ADN du facteur IX dont le gène est situé sur le chromosome sexuel X. Le document ci- contre traduit le résultat obtenu.



- 1) S'il on ne prend pas en compte que les bandes de 1,8 Kb (kilo bar) et de 1,3 Kb :
a- Identifiez la bande correspondant à l'allèle hémophile et celle correspondant à l'allèle normal,
b- Justifiez votre réponse
- 2) Justifiez la dominance ou la récessivité de l'allèle hémophile.
- 3) a- Relevez les renseignements qu'apporte l'analyse du document sur les membres de cette famille,
b- Déduisez-en leurs génotypes
b- justifiez l'inquiétude de madame Z.

EXERCICE 84

L'arbre généalogique ci-contre est celui d'une maladie héréditaire rare.



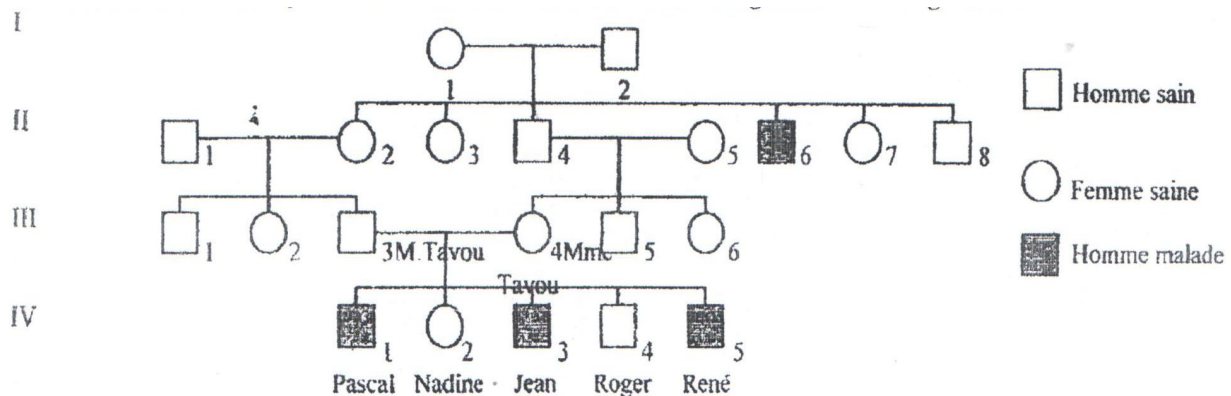
Grâce à une technique de pointe, on peut repérer dans l'ADN d'un individu, de longues séquences de nucléotides caractéristiques d'un gène donné. C'est ainsi qu'on a cherché chez les membres de cette famille, les séquences correspondant à l'allèle normal (M) du gène et à son allèle muté (m) responsable de cette maladie. Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau ci-dessous :

Individus	A	B	C	D	E
Nombre de séquences d'ADN (allèle normal)	1	2	1	0	1
Nombre de séquences d'ADN (allèle muté)	0	0	0	1	1

- 1) Montrez que l'allèle responsable de cette maladie est dominant ou récessif.
- 2) a- Peut-on déduire à partir de l'arbre généalogique si la maladie est liée au sexe ou autosomale ?
b- Envisagez chaque cas.
- 3) a- Le tableau ci-dessous vous permet-il de répondre avec précision à la question précédente ?
b- Justifiez votre réponse.
- 4) a- À quel prénom de l'arbre généalogique correspond chaque individu A, B, C, D et E ?
b- Quel est leur génotype ? (en prenant comme symbole : m = allèle normal ; M = allèle muté).

EXERCICE 85

M. et Mme TAVQU accompagnent leur enfant René qui souffre de troubles digestifs, chez le pédiatre. Le couple est inquiet car deux de leurs enfants qui souffraient des mêmes troubles que ceux René sont décédés. Une analyse d'urine de René révèle une quantité anormalement élevée de galactose (un sucre). Des recherches ont permis au médecin d'établir l'arbre généalogique de la famille de ce couple par rapport à cette maladie (la galactosémie). La galactosémie est due à une déficience en enzymes intervenant dans la transformation du galactose 1-P en glucose 1-P.

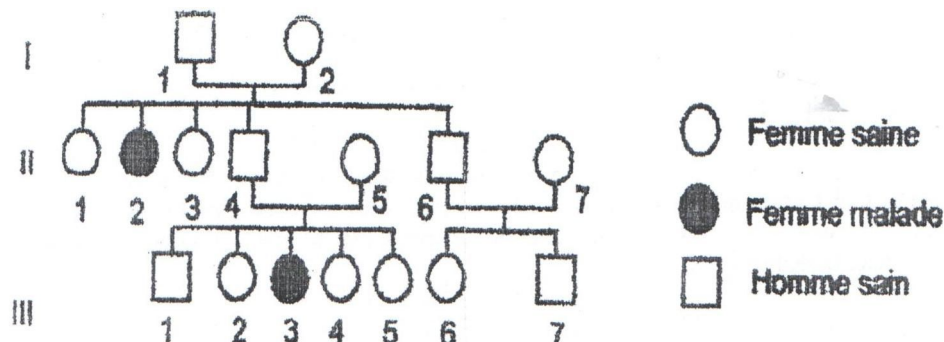


Pour en savoir plus, le pédiatre a demandé une analyse biochimique de sang de tous les membres de cette famille ; les résultats sont exprimés en pourcentage d'efficacité de transformation du galactose 1-P en glucose 1-P. Chez M. TAVOU : 50% ; chez Mme TAVOU : 50% ; chez Nadine : 50% ; chez Roger : 100% ; chez René : 0%

- 1) Démontrez, le caractère-héréditaire de la galactosémie.
- 2) A partir de l'arbre généalogique :
a- indiquez le mode de transmission de cette maladie (dominant ou récessif).
b- justifiez votre réponse.
- 3) La présence chez un individu d'un allèle normal permet la synthèse d'une quantité fonctionnelle d'enzyme permettant la transformation du galactose 1-P en glucose 1-P. En tenant compte de cette information :
a- Précisez la localisation chromosomique du gène responsable de la maladie.
b- Justifiez votre réponse.
- 4) Déterminez les génotypes de M. et Mme TAVOU ainsi que ceux de leurs cinq enfants.
- 5) Compte tenu de ses conséquences, donnez un quantitatif au gène responsable de cette maladie.

EXERCICE 86

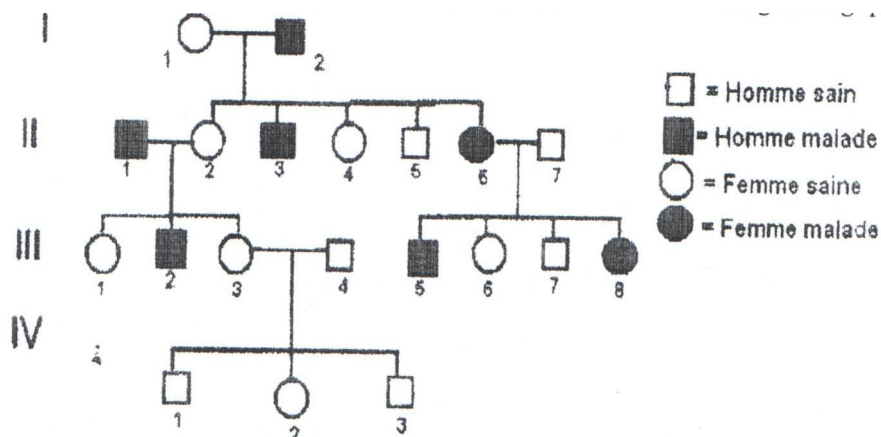
Dans une famille, il a été observé une affection du système immunitaire : l'ataxie télangiectasie. Elle est caractérisée par plusieurs symptômes dont un déficit immunitaire responsable de manifestations infectieuses, notamment bactériennes et affectant surtout les voies aériennes supérieures et l'appareil broncho-pulmonaire. L'évolution se fait vers la mort, souvent avant l'adolescence du fait des infections malignes. Le pedigree ci- dessous présente la transmission de cette affection dans une famille.



EXERCICE 87

La maladie de Recklinghausen se manifeste par une anomalie cutanée d'intensité très variable allant de quelques taches cutanées « café au lait » à la présence de multiples tumeurs.

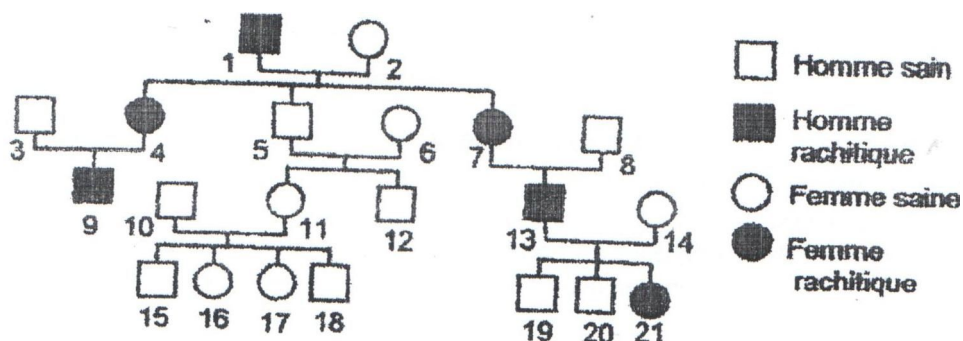
L'étude de la transmission de cette maladie dans une famille a permis d'établir l'arbre généalogique suivant :



- 1) Montrer par un raisonnement logique que :
 - a- l'allèle de cette maladie est dominant ou récessif.
 - b- l'allèle est porté par un autosome ou un gonosome.
- 2) Déterminez les génotypes des individus 113, 116, III3 et III7. Justifiez vos réponses.
- 3) Un couple de malades peut-il avoir un enfant sain ?

EXERCICE 88

L'arbre généalogique ci-dessous du document 1 représente une famille dont certains membres sont atteints de rachitisme vitamino-résistant qu'un traitement par vitamine ne suffit pas à faire disparaître. Il s'agit d'une anomalie très rare.



Document 1

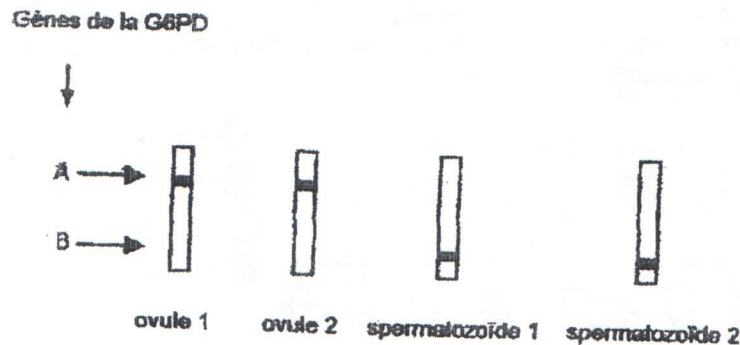
- 1) Déterminez à partir de cet arbre généalogique, si l'allèle responsable de cette anomalie est récessif ou dominant.
- 2) Démontrez si l'allèle du rachitisme vitamino-résistant est autosomal ou lié au sexe. Envisagez tous les cas possibles.
- 3) Des recherches ont été faites dans plusieurs familles où existe cette maladie. Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau ci-dessous (voir document 2) :

COUPLES	FILLES		GARÇONS	
	normales	rachitiques	normaux	rachitiques
Seul le père est rachitique	0	29	25	0
Seule la mère est rachitique	20	15	17	19

- a- Analysez ces résultats
- b- Déduisez alors si l'allèle est autosomal ou lié au sexe.
- 4) Déterminez si possible les génotypes des individus 1, 2, 7 et 8.

EXERCICE 89

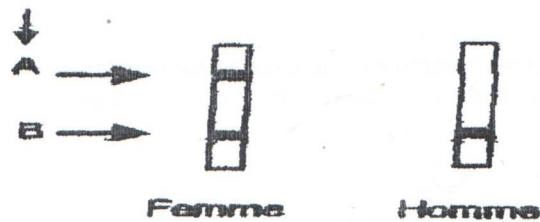
La glucose-6-phosphate déshydrogénase « G6PD », est une enzyme spécifiée par un gène situé sur le chromosome X. par électrophorèse, méthode d'analyse permettant de séparer des constituants ionisés d'un mélange dans un champ électrique, on a mis en évidence deux variantes A et B de la G6PD. On a isolé ce gène chez les gamètes par des méthodes complexes incluant l'électrophorèse. Le document 1 ci-dessous présente les résultats obtenus chez un couple. L'analyse a porté seulement sur deux ovules et deux spermatozoïdes.



Document 1

- 1) Déterminez les différentes variantes de la G6PD des spermatozoïdes et des ovules analysés.
- 2) Écrivez les génotypes de chacun de ces gamètes, sachant que l'allèle responsable de la variante A est notée A et celle de B est notée B
- 3) Déduisez les génotypes possibles des membres de ce couple
- 4) Les mêmes tests sont faits chez les individus du couple et on obtient les résultats du document 2.

Gènes de la G6PD



Document 2

- a- Déduisez les allèles des deux parents.
- b- Écrivez leur génotype.
- c- Ces génotypes sont-ils en adéquation avec ceux des gamètes ? justifiez votre réponse.
- d- Sachant que les résultats des deux groupes de tests sont justes, expliquez la raison de l'inadéquation constatée.

II – DIHYBRIDISME

EXERCICE 90

Un jardinier dispose de deux catégories de maïs, l'une à coloration blanche et à goût sucré et l'autre à coloration rose et à goût fade. Pour n'obtenir que du maïs à coloration rose et goût sucré, il croise deux variétés précédentes. Il obtient F₁ du maïs à coloration rosée et goût sucré fade. Les plantes de cette génération sont autofécondées. Il obtient la composition ci-dessous :

306 maïs roses et fades
104 maïs roses et sucrés
100 maïs blancs et fades
34 maïs blancs et sucrés

- 1) Interprétez ces résultats.
- 2)
 - a- le jardinier a-t-il obtenu le phénotype qu'il recherche ?
 - b- tout le maïs ayant ce phénotype peut-il donner satisfaction au jardinier ? Justifiez votre réponse
 - c- expliquez ce qu'il doit faire ensuite pour n'obtenir que du maïs rose et sucré.
 - d-

EXERCICE 91

Chez les bovins, on connaît deux races de lignée pure : l'une à pelage lisse et brun - rouge et l'autre à pelage rugueux et blanc. Le croisement des deux variétés de bovins donne uniquement des animaux à pelage lisse et rouan (brun - rouge et blanc). On croise ces individus entre eux. La descendance est constituée de :

- 96 bovins à pelage lisse et rouan ;
- 48 bovins à pelage lisse et brun - rouge ;
- 48 bovins à pelage lisse et blanc ;
- 32 bovins à pelage lisse et rouan ;
- 16 bovins à pelage lisse et brun - rouge ;
- 16 bovins à pelage lisse et blanc.

- 1) Interprétez ces résultats. On notera :
Blanc : B
Brun - rouge : W
Rouan : WB
- 2) Prévoyez la composition d'une descendance de 1 280 individus.

EXERCICE 92

I- Les pommes de terre peuvent avoir une forme arrondie ou allongée et leur peau peut être lisse ou veloutée : arrondie et lisse sont des caractères dominants.

Les gènes a et v sont distants de 12 unités de recombinaison.

Dans un croisement entre les deux variétés de pomme de terre, les génotypes des parents P1 et P2 sont respectivement :



- 1) Retrouvez les phénotypes de la descendance et leurs proportions.
 - 2) Calculez le nombre d'individus de chaque catégorie phénotypique pour une récolte de 1000 pommes de terre.
- II- On réalise un deuxième croisement entre deux plants de pomme de terre P3 et P4. On obtient la répartition suivante dans la récolte.
- [a. V] = 38,82% [A, V] = 11,18% [A. v] = 38,82% [a. v] = 38,82%
- 1) Analysez et interprétez les résultats obtenus.
 - 2) Retrouvez par un raisonnement logique le génotype et le phénotype des plants P3 et P4 croisés.

EXERCICE 93

A/ On croise deux variétés de plantes de races pures dont l'une est à grains jaunes et ovales et l'autre à grains mauves et cordiformes. Les épis obtenus en F1 ne comportent que des grains jaunes et ovales. Au cours d'un 2^{ème} croisement, une plante à grains jaunes et ovales est autofécondée expérimentalement. Cette autofécondation donne des épis comportant les grains suivants :

- 56,2% de grains jaunes et ovales 18,8%
- de grains mauves et ovales 18,7% de
- grains jaunes et cordiformes 6,3% de
- grains mauves et cordiformes

- 1) Relevez les observations faites du 1^{er} croisement.
- 2) Démontrez que chaque caractère est gouverné par un couple d'allèles.
- 3) Précisez la répartition des couples d'allèles sur les chromosomes.
- 4) Faites une interprétation chromosomique du 1^{er} croisement.

B/ On croise deux plantes de races pures dont l'une est à grains jaunes et non déprimés et l'autre à grains mauves et déprimés. Les épis obtenus ne comportent que des grains jaunes et non déprimés. Le croisement entre une plante à grains jaunes non déprimés et une plante à grains mauves déprimés donne des épis à grains composés de :

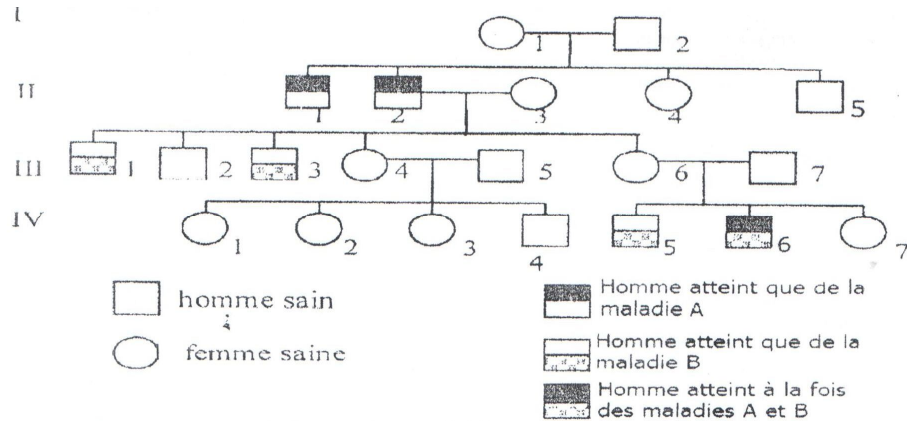
7	Jaunes déprimés
390	Mauves déprimés

8	Mauves non déprimés
395	Jaunes non déprimés

- 1) Indiquez les phénotypes dominants
- 2) Faites le choix des symboles.
- 3) Montrez par un raisonnement logique que les deux gènes sont liés ou indépendants
- 4) Établissez si possible la carte factorielle.
- 5) Déterminez le phénotype et le génotype d'un grain de race pure jaune, ovale et déprimé.

EXERCICE 94

L'arbre généalogique si dessous est celui d'une famille où règnent deux maladies héréditaires nommées A et B.



- 1) Par un raisonnement logique montrez que l'allèle responsable de chaque maladie est dominant ou récessif.
- 2) Par un raisonnement logique montrez que l'allèle responsable de chaque maladie est porté par un autosome ou par un gonosome.
- 3) Dégagez la relation existant entre les gènes des deux maladies A et B
- 4) Déterminez les génotypes des individus II_2 et III_3
- 5) Déduisez-en celui de l'individu II_3 sachant ses parents n'ont jamais eu la maladie A.
- 6) a) Déterminez les génotypes possibles de la femme III_6
b) Déterminez son génotype exact à partir de l'analyse de sa descendance.
- 7) Expliquez la coexistence des deux maladies chez l'individu IV_6 .

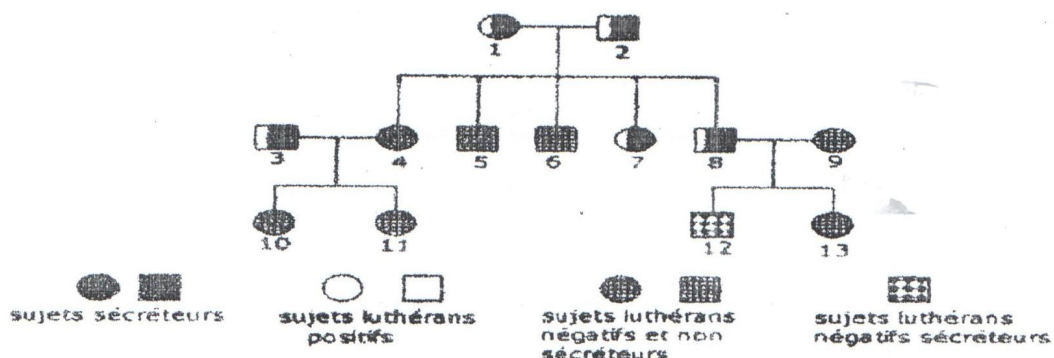
EXERCICE 95

Le système Luthéran est un système de groupes sanguins totalement indépendant des systèmes ABO et Rhésus. Les personnes « Luthéran » positif possèdent sur leurs hématies un agglutinogène particulier appelé Luthéran tandis que les personnes « Luthéran » négatifs ne le possèdent pas. La synthèse de cet agglutinogène est gouvernée par un gène dont on connaît deux allèles : l'un désigné Lu^+ , permet la synthèse de l'agglutinogène et l'autre désigné Lu^- , ne le permet pas. L'allèle Lu^+ est dominant.

Dans la salive de certains individus, on trouve à l'état dissout, les agglutinogènes du système de groupes sanguin A, AB, B et O : ces individus sont dits « sécréteurs ». La salive d'autres individus ne contient pas ces agglutinogènes : ces individus sont dits « non sécréteurs ».

Le caractère « sécréteurs » ou « non sécréteur » est héréditaire et sous la dépendance d'un gène dont on connaît deux allèles : l'un Se^+ fait qu'on soit « sécréteurs » et l'autre Se^- fait qu'on soit « non sécréteurs ». L'allèle Se^+ est dominant.

L'arbre généalogique ci-après, montre la transmission de ces caractères dans une famille.



DOCUMENT 4

- 1) Définissez un caractère héréditaire.
- 2) A partir d'une démarche logique, montrez effectivement que les deux gènes Lu^+ et Se^+ sont dominants.
- 3) On sait actuellement que les deux gènes sont liés.
a- Montrez qu'ils ne sont pas liés au sexe.

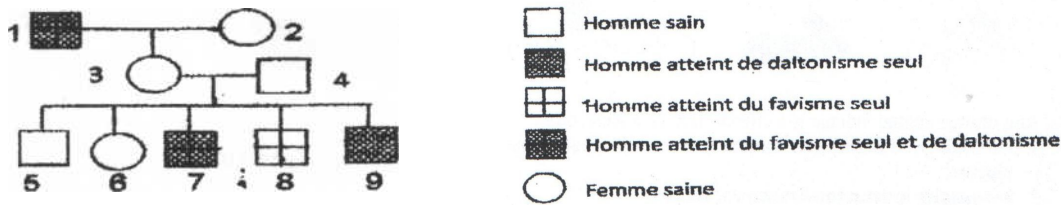
b- donnez les génotypes des individus 1, 2, 7 et 8.

c- Expliquez à l'aide de schémas le mécanisme d'apparition de l'individu 12.

4) Le couple 8 et 9 peut-il avoir un enfant Luthéran positif et sécréteur ? Justifiez votre réponse et donnez son génotype.

EXERCICE 96

On connaît deux gènes dont l'un est responsable du daltonisme et l'autre du favisme. Le daltonisme est l'impossibilité de reconnaître certaines couleurs et le favisme, une anomalie qui déclenche une hémolyse lorsque le sujet consomme des fèves.



Document 1

Le pedigree ci-dessous présente la transmission de ces deux maladies dans une famille.

- 1) Montrez que les allèles responsables du favisme et du daltonisme sont dominants ou récessifs.
- 2) À partir de l'arbre généalogique proposé, montrez que chacun de ces allèles est hé au sexe ou non en envisageant tous les cas.
- 3) Grâce aux techniques permettant d'établir la carte physique de tout génome humain, on peut repérer dans l'ADN d'un individu, les séquences de nucléotides d'un gène donné. Ainsi, l'on a déterminé chez les individus de l'arbre généalogique proposé, les séquences d'ADN de l'allèle normal du gène et les séquences d'ADN de l'allèle responsable de la maladie. Les résultats sont consignés dans le document 2.

MALADIES	NOMBRE DE SEQUENCES D'ADN CORRESPONDANT	INDIVIDUS								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
Daltonisme	L'allèle normal	1	1	0	2	0	1	2	0	1
	L'allèle de maladie	0	1	1*	0	1*	0	0	1*	0
Favisme	L'allèle normal	0	1	0	1	1	1	2	0	1
	L'allèle de maladie	1*	1	1*	1	0	0	0	1*	0

* = l'allèle entraîne la maladie chez l'individu.

Document 2

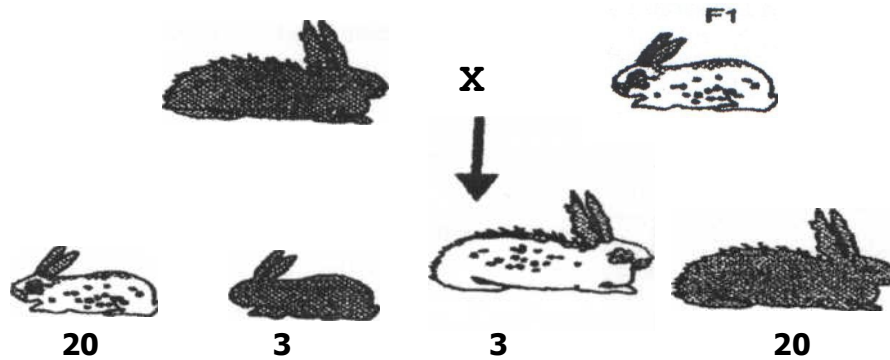
- a- Analysez méthodiquement ce tableau.
- b- b- Que pouvez-vous en déduire ?
- c- Déterminez alors les génotypes des individus du tableau ci-dessus (document 2).
- d- d- Sachant que C et F correspondent aux individus 7 et 4, trouvez la correspondance entre les individus des documents 1 et 2.
- 4) L'on a suivi la transmission des deux allèles dans plusieurs familles. Les cas étudiés sont ceux semblables au couple (3,4) du document 1 où le père de la femme présente les deux anomalies alors que la mère est saine sans être conductrice. La descendance de ces couples se repartie comme l'indique le tableau ci- dessous.

COMPOSITION DE LA DESCENDANCE	NOMBRE
Garçons sains	50
Garçons atteints du daltonisme seul	2
Garçons atteint du favisme seul	3
Garçons atteint du daltonisme et du	45
Filles saines	93

- a- Calculez la fréquence de chaque catégorie de garçon de cette descendance.
- b- Expliquez la formation des gamètes qui sont intervenus dans la fécondation donnant chacune de ces catégories de garçons.

EXERCICE 97

Il existe des variétés de rats, de lapins et de chèvres remarquables par la longueur de leurs poils. Elles sont dites angoras. On a aussi les variétés dites papillons dont le corps est tacheté de noir. On croise un lapin angora à corps noir avec un lapin à poils courts et papillon. On obtient à la F1 uniquement un lapin à poils courts et papillon. On fait ensuite le croisement ci-après :



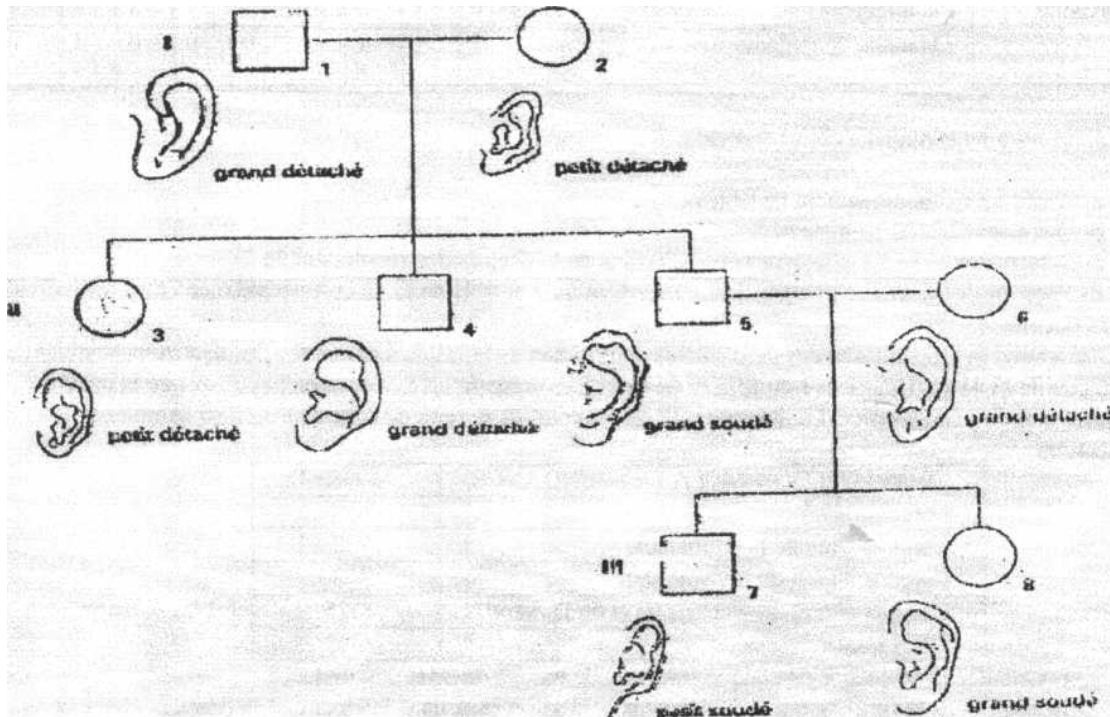
Le nombre placé sous chaque animal indique son effectif dans la descendance.

- 1) Déterminez les phénotypes dominants et récessifs pour chaque caractère en justifiant votre réponse.
 - a- Nommez le deuxième croisement effectué.
 - b- Donnez littéralement les résultats de ce croisement.
- 3) a- Démontrez que chaque caractère est sous la dépendance d'un couple d'allèles.
 - b- Choisissez les symboles des phénotypes.
- 4) a- A partir du système branché, démontrez que les couples d'allèles impliqués dans ce croisement sont indépendants ou liés.
 - b- Déduisez les génotypes des parents.
- a- Déterminez la distance génétique si possible.
 - b- Faites la carte factorielle si possible.

EXERCICE 98

Le pavillon de l'oreille chez l'homme peut-être grand ou petit, son lobe inférieur est soudé à la joue ou s'en détache nettement.

On admet que les gènes déterminant la taille des oreilles et la forme des lobes sont situés sur deux paires de chromosomes différents (voir document ci-dessous).

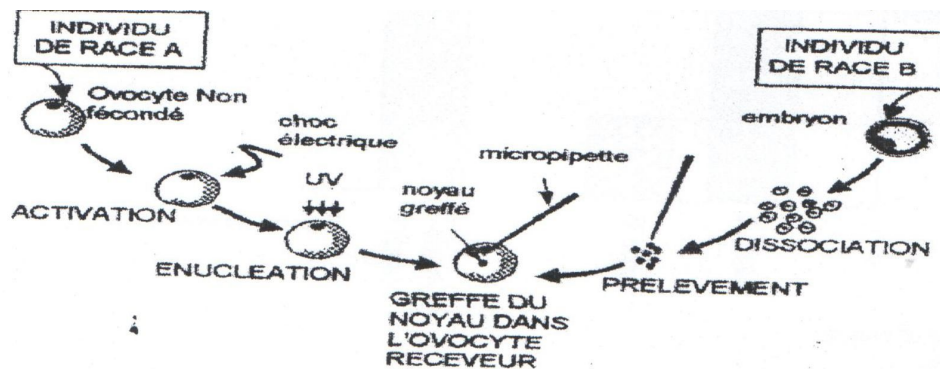


- 1) Déterminez la dominance ou la récessivité des allèles impliqués dans cet exemple.
- 2) Par un raisonnement logique, précisez la position des allèles sur les chromosomes.
- 3) Écrivez les génotypes des parents II₅ et II₆.

III- AMELIORATION DES ESPECES

EXERCICE 99

Le document ci-dessous présente des étapes de la greffe de noyau de cellule embryonnaire dans un ovocyte.



- 1) Décrivez les différentes étapes de cette greffe.
- 2) On considère que les opérations ont été réalisées à partir de deux vaches A et B. La vache A, chez laquelle on a prélevé l'ovocyte receveur, est d'une race d'individus charnus et résistants à la chaleur. La vache B est d'une race productrice de lait de bonne qualité mais elle est trop sensible aux maladies tropicales.
 - a- Précisez l'opération qu'il faut faire pour obtenir une nouvelle vache, après ces manipulations précédentes.
 - b- On considère que l'embryon est prélevé chez la vache B, donnez les caractères de la vache issue de l'ovocyte receveur ayant reçu la greffe.
- 3) À partir des différentes cellules de l'embryon, on obtient plusieurs ovocytes greffés par le document ci-dessus.
 - a- Nommez l'ensemble des individus de cette descendance, b- Identifiez la technique d'obtention de tels individus.

EXERCICE 100

A- On veut réaliser une hybridation chez le maïs. On dispose de grains de maïs noirs et blancs. Après des analyses effectuées précédemment, on a déterminé que le caractère couleur des grains est sous la dépendance d'un couple d'allèles autosomaux et le phénotype « blanc » est dominant.

- 1) Déterminez le(s) génotype(s) des grains noirs.
- 2) Déterminez le(s) génotype(s) des grains blancs.
- 3) Sachant que pour réaliser l'hybridation ; il faut des parents à l'état pur, expliquez une technique permettant de les obtenir.

B- On cultive, en autofécondation, du maïs de chacun des deux parents à l'état pur. On note les caractéristiques des épis et des grains de la descendance. On réalise la fécondation croisée des parents à l'état pur et on note aussi les caractéristiques.

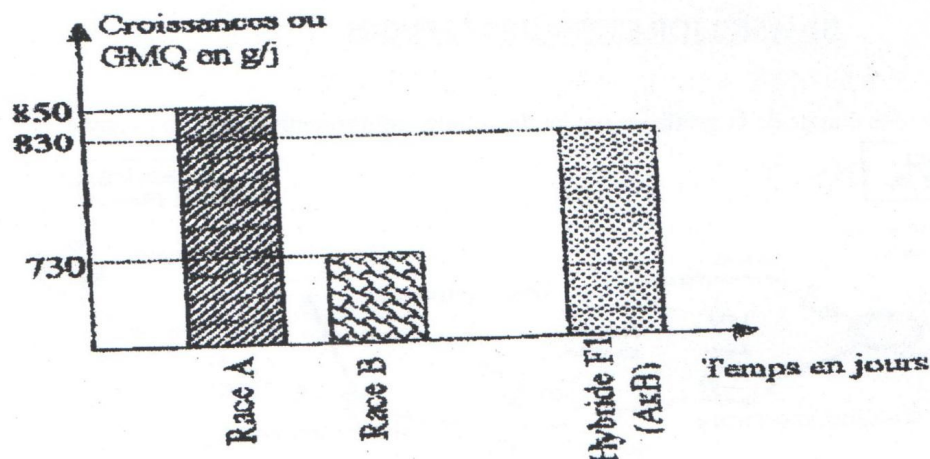
Le tableau ci-dessous présente les résultats obtenus.

VALEUR MOYENNE	DIAMETRE DES EPIS	MASSE DES GRAINS	NOMBRE DES GRAINS
CROISEMENTS			
Autofécondation du maïs à l'état pur	3,5 cm	0,17 g	456
Fécondation croisée du maïs à l'état pur	6,5 cm	0,38 g	601

- 1) Identifiez les grains obtenus après la fécondation croisée du maïs à l'état pur.
- 2) Analysez les résultats obtenus.
- 3) Dégagez l'intérêt de l'hybridation.

EXERCICE 101

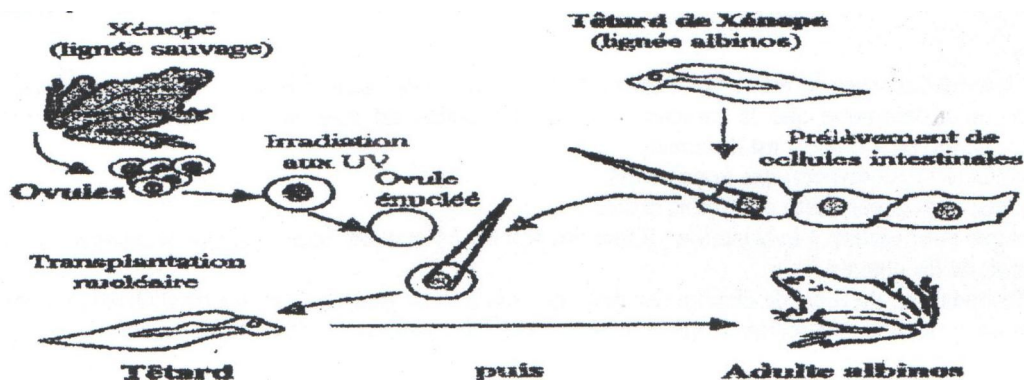
Dans le but d'étudier les qualités du porc « chalus », un laboratoire d'élevage évalue la croissance journalière ou gain moyen quotidien (GMQ) exprimé en g/j de deux races voisines A et B et de leur hybride (issu du croisement de A avec B). Les résultats obtenus sont exprimés par le graphe du document ci-dessous :



- 1) Analysez ce graphe.
- 2) Interprétez-le.
- 3) On appelle hétérosis ou vigueur hybride, la différence entre le GMQ de l'hybride et la moyenne des GMQ de A et B.
 - a- Calculez l'hétérosis.
 - b- Déterminez-le graphiquement.
- 4) a- Nommez ce type de croisement.
- b- Définissez-le.

EXERCICE 102

En 1960, le biologiste GURDON travaille sur des amphibiens de l'espèce Xénope. Par irradiation aux UV, il détruit les noyaux d'ovules pondus par des femelles de variété sauvage, de couleur brun-vert. Dans ces ovules, sont transplantés des noyaux de cellules d'intestins de têtard d'une lignée Xénope albinos. Sur les 64 œufs ainsi préparés, 40 ont donné des adultes tous identiques entre eux, de même sexe et albinos (voir document ci-dessous).



- 1) a- Expliquez le fait que tous les Xénopes adultes sont identiques et de même sexe.
- b- Évaluez le nombre de mitoses ayant permis d'obtenir les 64 noyaux de cellules intestinales.
- 2) a- Nommez l'ensemble des 40 Xénopes obtenus.
- b- Nommez la technique utilisée.
- 3) Expliquez à partir des connaissances acquises, pourquoi cette technique peut-être considérée comme « une photocopie biologique » alors que la reproduction sexuée est à l'origine de « reproductions originales »

EXERCICE 103

Le tableau ci-dessous donne les caractéristiques de deux races pures bovines : la race A vit au sahel et la race B dans la région montagneuse du Kenya. Le centre de recherche animale de Bingerville a réussi à obtenir des descendants, de ces deux races incapables de Bingerville.

Races	Taux de matières grasses (en %)	Poids vif (en Kg)
Races A	35	520
Races B	32	547
Descendants	38,9	600

- 1) Proposez la méthode la plus probable pour obtenir cette descendance.
- b- Indiquez ses principales étapes.
- 2) Du point de vue génétique :

- a- Nommez le croisement réalisé pour obtenir ces descendants en justifiant votre réponse.
- b- Déduisez-en le nom des descendants.
- 3) a- Analysez le tableau.
- b- Indiquez la particularité des descendants ainsi mise en évidence.
- 4) Expliquez la façon dont le centre pourra disposer de suffisamment d'individus pour fournir des échantillons aux différents centres d'élevage.

CORRIGES DES EXERCICES

THEME IV : GENETIQUE

I-MONOHYBRIDISME

EXERCICE 80

1) Dominant ou récessif ?

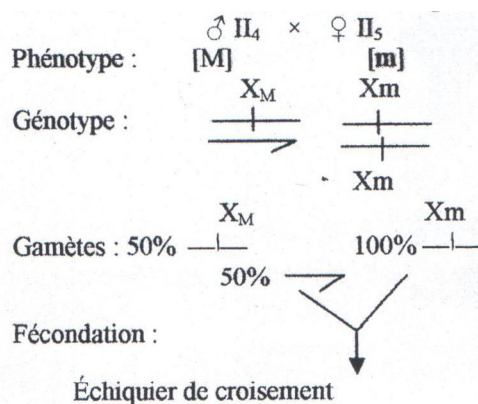
a- Les parents $II \times II_2$ et $III_3 \times III_4$ apparemment sains ont donné naissance respectivement aux enfants III_1 et IV_2 malades. Cela signifie que l'allèle de la maladie existe chez ces parents mais à l'état masqué. L'allèle responsable de cette maladie est récessif.

Choix des symboles : malade (récessif) : m, sain (dominant) : M ; le couple d'allèle est M/m.

b- Lié au sexe ou non

Hypothèse : supposons que l'allèle de la maladie est lié au sexe.

Considérons alors le croisement du couple $II_4 \times II_5$



Gamètes ♂ \ Gamètes ♀	50% $\frac{X_M}{-}$	50% $\frac{X_m}{-}$
	50% ♀ $\frac{X_M}{-}$ [M]	50% ♂ $\frac{X_m}{-}$ [m]

Bilan : 50 % ♀ [M] et 50% ♂ [m]

Conclusion : comme on le constate, un tel couple ne peut donner naissance à des filles malades, ni à des garçons sains. Or dans le pedigree, la fille III_7 est malade et le garçon III_1 est sain. L'hypothèse est fausse. On en déduit que l'allèle de la maladie est porté par les autosomes.

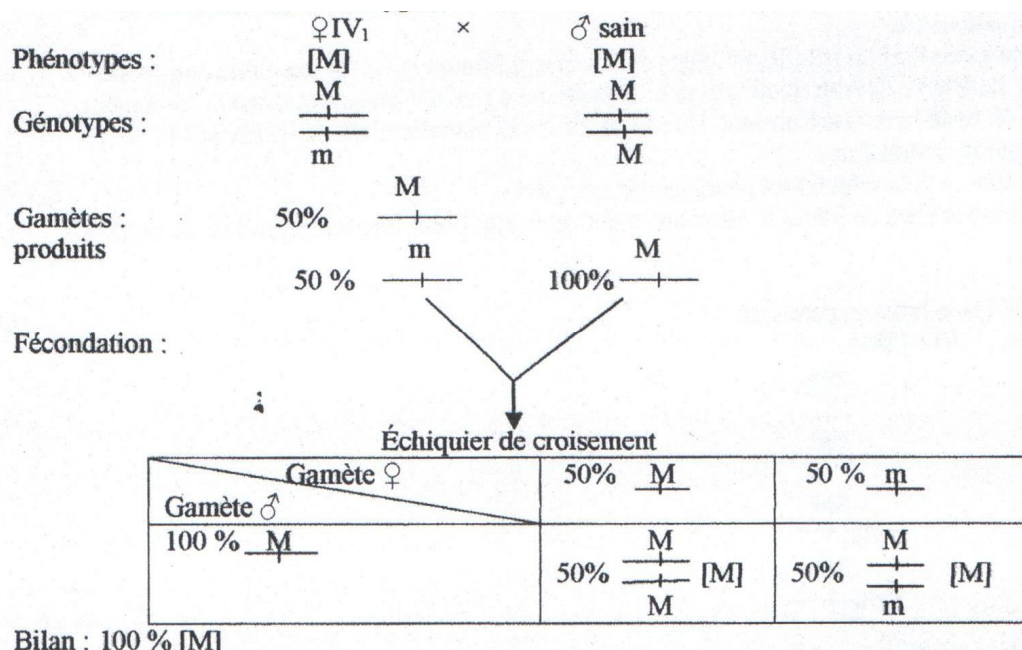
2) Génotype des individus

$I_1: \frac{M}{m}$ [M]; $I_2: \frac{m}{m}$ [m]; $III_3: \frac{M}{m}$ [M]; $III_7: \frac{m}{m}$ [m]

$IV_4: \frac{M}{M}$ ou $\frac{M}{m}$ [M]

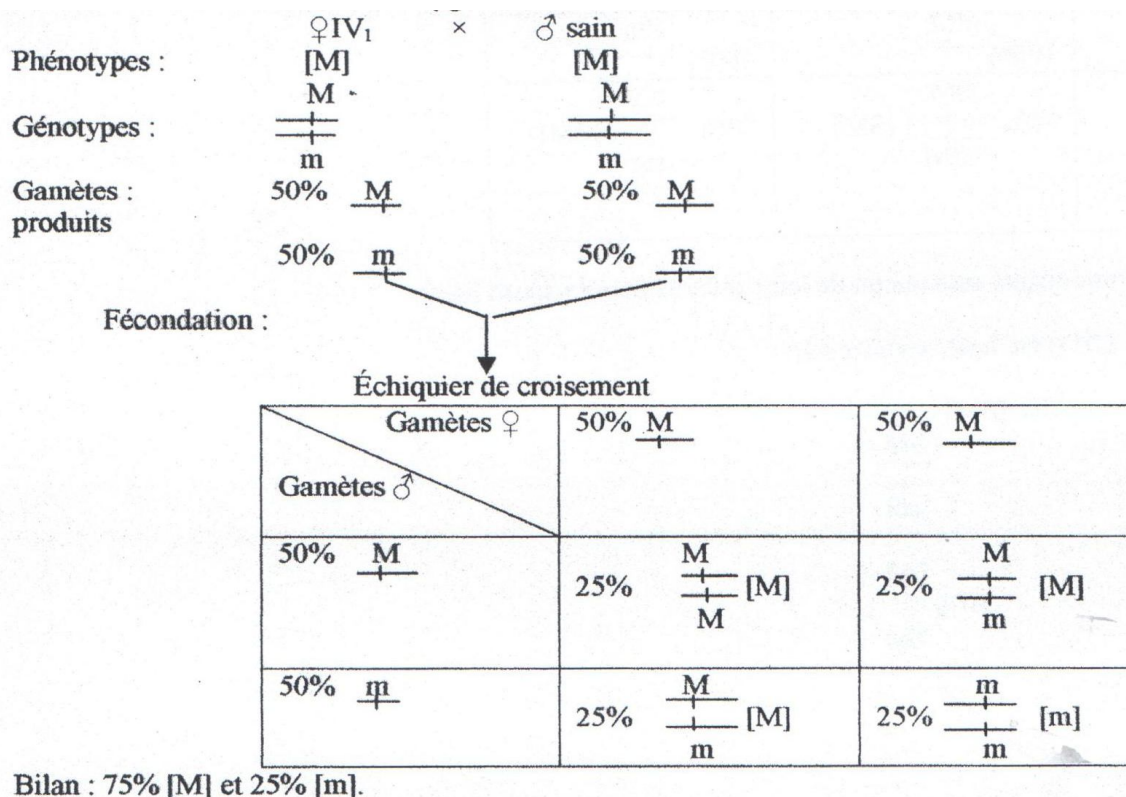
3) a- l'individu IV₂ est malade, cela signifie que ses parents sont tous les deux hétérozygotes. Ses sœurs IV₁ et IV₃ sont soit hétérozygotes soit homozygotes saines. Si elles sont hétérozygotes, elles risquent d'avoir des enfants malades.

b- Évaluons la probabilité pour elles d'avoir des enfants malades si elles épousent un homme sain. 1^{er} cas : l'homme sain est homozygote



Conclusion : la probabilité pour les filles IV₁ et IV₃ d'avoir des enfants malades si elles épousent un homme sain homozygote est nulle (0%).

2^{ème} cas : l'homme sain est hétérozygote



Conclusion : la probabilité pour les filles IV₁ et IV₃ d'avoir des enfants malades si elles épousent un homme hétérozygote sain est de 25%.

EXERCICE 81

1) a- Allèle dominant ou récessif

Les parents I₃ et I₄ apparemment sains ont donné naissance à 2 enfants II₃ et II₄ sourds et muets ce qui signifie que l'allèle de la maladie existe chez ces parents mais il est masqué par

l'allèle normal. Donc l'allèle de la surdité-mutité est récessif et l'allèle normal est dominant.

Choix des symboles : allèle sourd muet : sm ; allèle normal : SM.

b- Allèle autosomal ou lié au sexe.

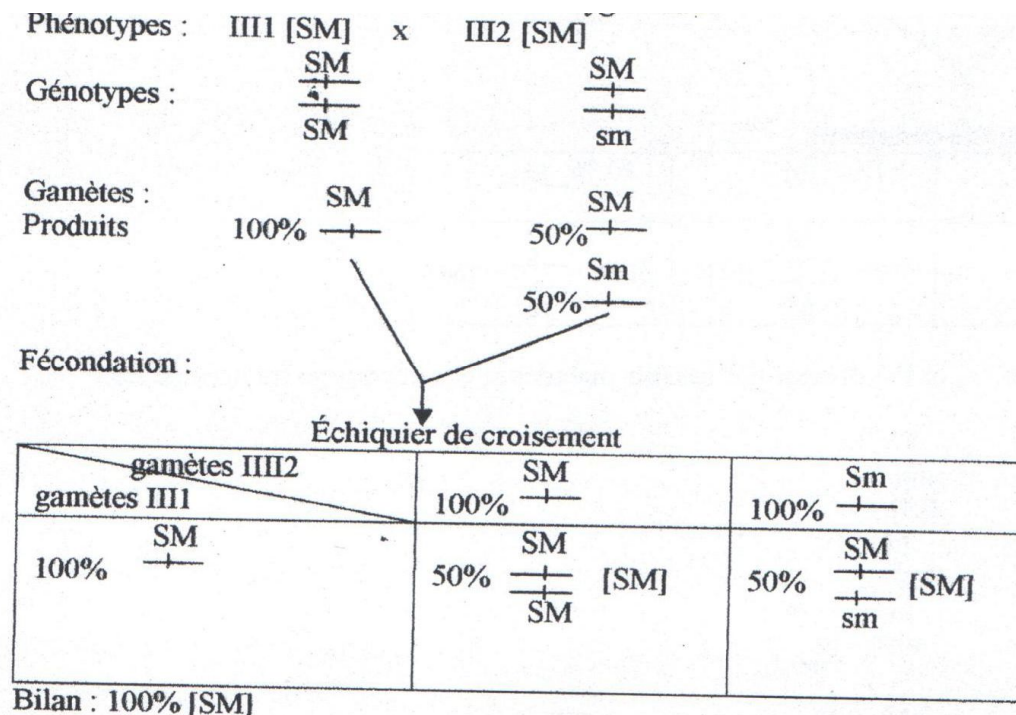
1^{er} raisonnement : la surdité mutité affecte aussi bien les garçons comme les filles. Donc l'allèle responsable de cette maladie est porté par un autosome.

2^{ème} raisonnement : l'allèle étant récessif, la fille II₄ malade est forcément homozygote. Si cet allèle était porté par le chromosome sexuel X, la fille II₄ devrait avoir son père I₃ également malade puisqu'elle reçoit forcément de lui le chromosome sexuel X. Or le père I₃ est normal. Donc l'allèle de la maladie n'est pas porté par le chromosome X ; il est porté par un autosome.

2) a- Le médecin répondra : « cela dépend du génotype de ton mari ».

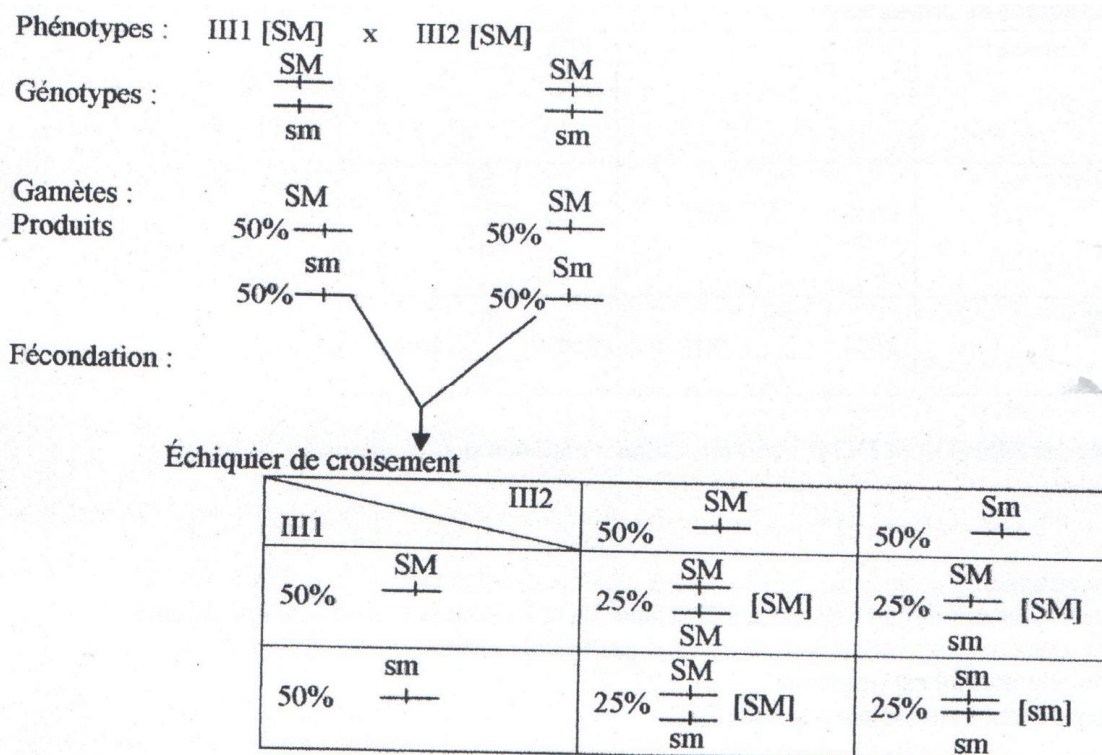
b-justification : comme le père de Mme X est sourd muet donc elle porte forcément l'allèle de surdité- mutité (sm).

1^{er} cas : le mari de Mme X (III1) est homozygote sain



Conclusion : si le père est homozygote sain aucun de leurs enfants ne sera sourd muet.

2^{ème} cas : le mari de Mme X (III1) est hétérozygote sain.

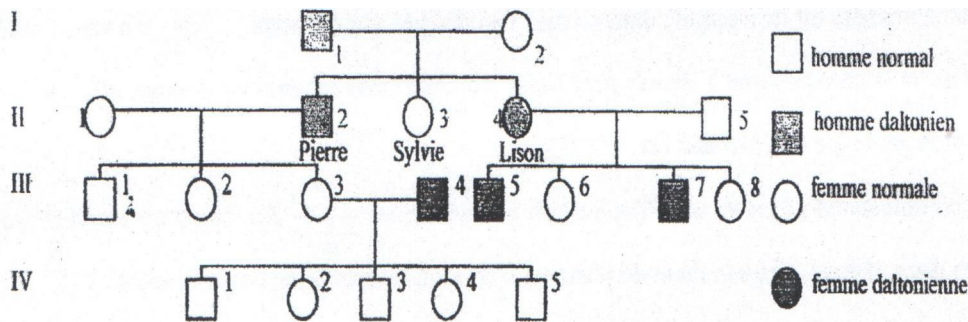


Conclusion : si le père est hétérozygote sain, 25% de leurs enfants seront sourds muets.

D'après le croisement du 2^{ème} cas, pour que Mme X ait un enfant sourd muet, il faut que son mari soit hétérozygote. Or la probabilité pour que le mari de Mme X soit hétérozygote est de 1/30. Donc la probabilité pour que Mme X ait un enfant sourd muet est : 25% x 1/30 = 1/120.

EXERCICE 82

- 1) construction du pedigree de cette famille.



- 2) Choix des symboles : daltonien : d ; normal : D

a- Génotype de la femme à vision normale

$$\frac{XD}{Xd}$$

b- Justification : la femme à vision normale I₂ est hétérozygote car elle a donné naissance à un garçon (Pierre) qui est daltonien. Un garçon recevant l'un ou l'autre des 2 chromosomes de sa mère, donc c'est elle qui a transmis à son fils Pierre le chromosome Xd.

- 3) a- Génotype du père des enfants de Lison :

$$\frac{XD}{Y}$$

b- Justification : de son mariage avec Lison qui est daltonienne, le couple a donné naissance à 2 filles III₆ et III₈ normales. Ces dernières recevant forcément le chromosome X de leur père, c'est donc lui qui leur a transmis le chromosome XD. Si le mari de Lison était daltonien alors tous leurs enfants le seraient ; ce qui n'est pas le cas.

- 4) Génotypes de la femme de Pierre et de ses filles :

$$\frac{XD}{Xd}$$

5) Justification : les petits de Pierre ont tous la vision normale car leur père étant daltonien, à chaque fécondation leur mère normale libère quelque soit son génotype, un ovule porteur du chromosome $\frac{XD}{Y}$.

EXERCICE 83

- 1) a-Identification des bandes

La bande correspondant à l'allèle hémophile est la bande de 1,3 kb et la bande correspondant à l'allèle normal est la bande de 1,8 Kb.

b- Justification : David, normal ne possède que la bande de 1,8 Kb.

- 2) Justification de la dominance ou de la récessivité de l'allèle hémophile

L'allèle hémophile est récessif car Nathalie, normale, possède à la fois l'allèle normal (bande de 1,8 Kb) et l'allèle hémophile (bande de 1,3 Kb). Choix des symboles : hémophile : h et normal : H.

- 3) a-relevons les renseignements

M. Z et David ne possèdent l'allèle normal du gène et ne peuvent pas transmettre l'hémophilie à leur descendance. Mme Z et Nathalie possèdent à la fois l'allèle normal et l'allèle hémophile ; elles sont hétérozygotes et peuvent transmettre l'hémophilie à leur descendance. Le fœtus de sexe masculin ne possède que l'allèle hémophile.

b- Déduction de leurs génotypes

M. Z et David : $\frac{XH}{Y}$; Mme Z et Nathalie : $\frac{XH}{Xh}$; Fœtus $\frac{XH}{Y}$

c- l'inquiétude de Mme Z est justifiée par le fait que son futur garçon sera atteint d'hémophilie B.

EXERCICE 84

1) Dominance ou récessivité : les parents Koffi et Akissi apparemment normaux ont donné naissance à naissance à un enfant (Yao à malade) l'allèle responsable de la maladie est donc masqué chez les parents il est donc récessif.

- 2) a- Possibilité de déduction

Non, l'arbre généalogique seul ne permet pas de dire que la maladie est liée au sexe ou autosomale.

b- Envisageons chaque cas :

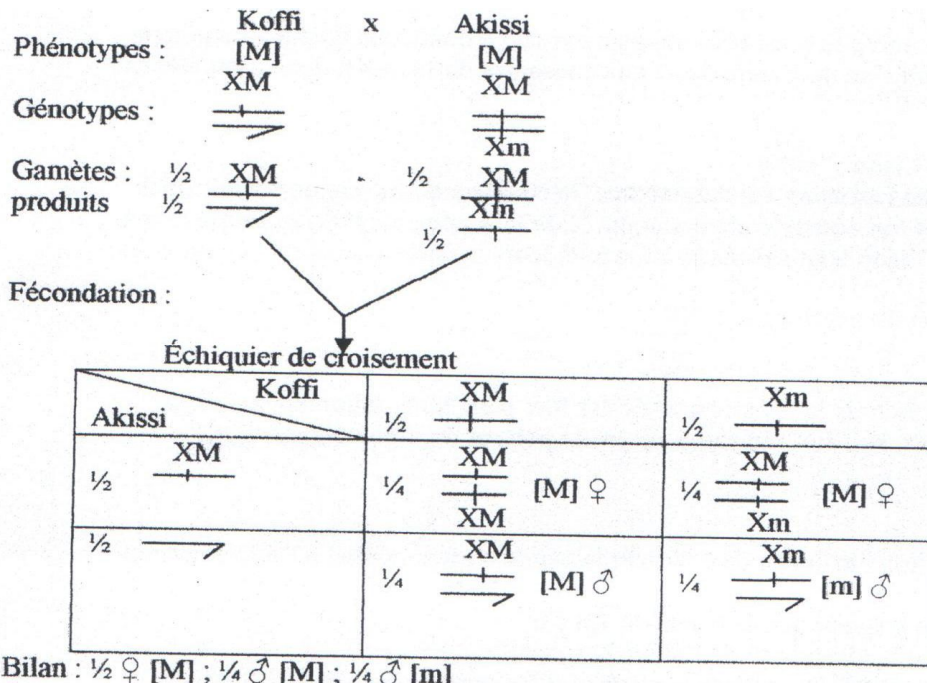
* 1^{ère} possibilité :

- 1^{er} cas : l'allèle de la maladie est lié au sexe ; dans ce cas, Yao malade a le génotype $\frac{X_m}{Y}$ il a reçu l'allèle $\frac{X_m}{+}$ de sa mère Akissi et le chromosome Y de son père Koffi. La mère étant apparemment saine, elle a le génotype $\frac{X_M}{X_m}$ et le génotype du père sain est $\frac{X_M}{Y}$
- 2^{ème} cas : l'allèle est autosomal ; dans ce cas ; Yao malade a le génotype $\frac{m}{m}$ il a donc reçu un allèle malade m de chacun des deux parents. Ceux-ci étant de phénotype normal, ils sont donc hétérozygotes

Conclusion : les deux cas sont possibles.

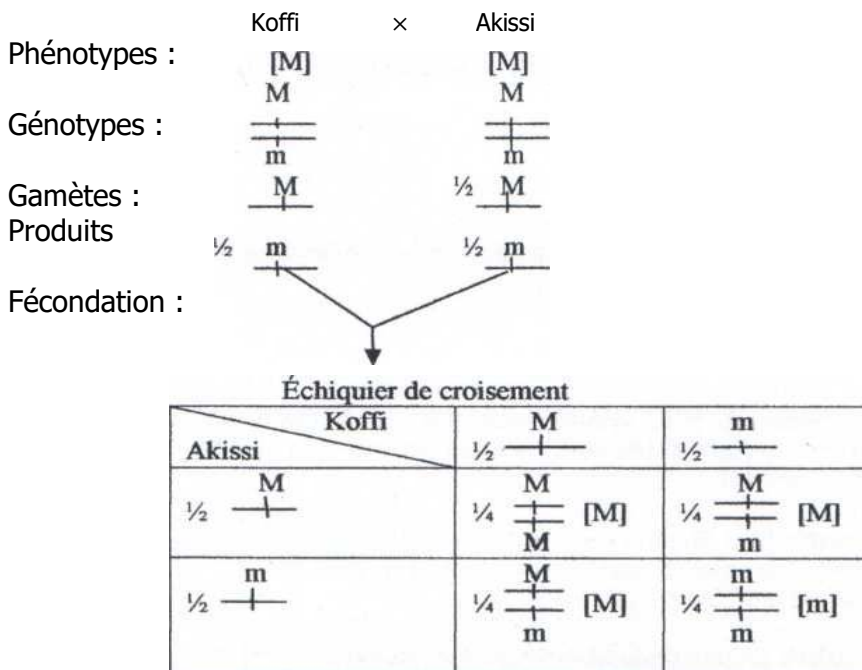
* 2^{ème} possibilité :

- 1^{er} cas : la maladie est liée au sexe



Conclusion : ce cas est possible car toutes les filles sont normales et les garçons peuvent être normaux ou malades

- 2^{ème} cas : la maladie n'est pas liée au sexe.



Conclusion : ce cas est également possible puisque certains enfants (1/4) peuvent être malades et les autres sains.

3) a- Oui le tableau nous permet de répondre à la question précédente avec précision.

b- Justification : l'individu étant diploïde, il doit nécessairement avoir 2 allèles : soit 2 allèles normaux, soit 2 allèles mutés, soit 1 allèle normal et 1 allèle muté. Or dans le tableau, il y a des individus qui n'ont qu'un seul allèle (les individus A, C et D). Il y a donc un des chromosomes qui ne porte pas d'allèle, il ne peut que s'agir de Y. la maladie est donc liée au sexe.

4) a et b- Prénoms et génotypes des individus

Individus	Prénoms	Génotypes
A	Koffi	$\frac{XM}{Y}$
B	Aya	$\frac{XM}{+}$ $\frac{XM}{+}$
C	Kouakou	$\frac{XM}{Y}$
D	Yao	$\frac{Xm}{Y}$
E	Akissi	$\frac{XM}{+}$ $\frac{XM}{+}$ $\frac{Xm}{+}$

EXERCICE 85

1) Démonstration du caractère héréditaire de la galactosémie :

L'analyse du pedigree montre que la galactosémie se transmet d'une génération à une autre ; elle est donc héréditaire.

2) a- Mode de transmission de la maladie L'allèle responsable de la maladie est récessif.

b- Justification : Les parents M. et Mme Tavou apparemment sains ont donné naissance à 3 enfants (IV₁, IV₃ et IV₅) malades ce qui signifie que l'allèle de la maladie existe chez ces parents mais à l'état masqué.

3) a- Localisation chromosomique du gène responsable de la maladie Le gène responsable de la maladie est porté par un autosome.

b- Justification : l'analyse des résultats biochimiques permet de dire que M. et Mme Tavou et leur fille Nadine ont 50% d'efficacité. Cela signifie qu'ils possèdent chacun un allèle normal et un allèle déficient ; ils sont donc hétérozygotes. Roger ayant 100% d'efficacité possède alors deux allèles normaux, il est homozygote dominant. René a 0% d'efficacité, il est donc homozygote récessif.

Choix des symboles : phénotype galactosémie : [g] et phénotype normal : [G].

4) génotypes de M. et Mme Tavou ainsi que de leurs 5 enfants

M. et Mme Tavou ainsi que Nadine ont pour génotype : $\frac{G}{+}$

Roger a pour génotype : $\frac{G}{G}$

Pascal, Jean et René ont pour génotype : $\frac{g}{g}$

5) qualificatif du gène responsable de cette maladie : il s'agit d'un gène létal à l'état homozygote.

EXERCICE 86

1) Les parents I1 et I2 d'une part et d'autre part les parents II4 et II5 apparemment sains ont donné naissance respectivement aux enfants II2 et III3 malades. L'allèle de la maladie existe donc chez ces parents mais sous la forme masquée. L'allèle de l'ataxie télangiectasie est donc récessif.

Choix des symboles : ataxie télangiectasie : a ; sain : A.

2) Si la maladie était liée au sexe, dans ce cas le couple I1 et I2, pour avoir une fille malade il faudrait que le père II soit lui-même malade car la maladie est récessive ; ce qui n'est pas le cas dans le pedigree. Donc l'allèle de la maladie n'est pas lié au sexe il est porté par un autosome.

Génotypes des individus.

Les individus II et I2 sont sains mais ils ont un enfant malade ils sont donc hétérozygote de génotype :

$$\frac{A}{+}$$

a

Les individus 112 et III3 sont malades donc homozygotes récessifs de génotype :



EXERCICE 87

1) a- Allèle dominant ou récessif

L'allèle responsable de cette maladie est dominant parce que la maladie touche toutes les générations et chaque enfant malade a un parent malade.

Choix des symboles : sain : s ; malade : S

b- allèle porté par un autosome ou un gonosome L'allèle est porté par un autosome parce que dans la 1^{ère} génération le père I₂ malade a transmis la maladie à ces deux enfants : la fille II₅ et le garçon II₃.

2) Génotypes des individus

II₃ et II₅ ont pour génotype $\frac{S}{+} \frac{s}{+}$ car ils ont reçu l'allèle S de leur père et l'allèle s de leur mère.

III³ et III₇ ont pour génotype $\frac{s}{+} \frac{s}{+}$: qu'ils sont sains et l'allèle sain étant récessif ils donc sont forcément homozygotes.

3) Un couple de malades peut avoir un enfant sain parce que si chaque parent est hétérozygote on a :

♂[S]	♀[S]		
		50% $\frac{S}{+}$	50% $\frac{s}{+}$
50% $\frac{S}{+}$		25% $\frac{S}{+} \frac{S}{+}$ [S]	25% $\frac{S}{+} \frac{s}{+}$ [S]
50% $\frac{s}{+}$		25% $\frac{s}{+} \frac{S}{+}$ [S]	25% $\frac{s}{+} \frac{s}{+}$ [s]

Bilan : 75% [S] et 25% [s] ; un couple de malades hétérozygotes aura 25% d'enfants sains.

EXERCICE 88

1) Déterminons si l'allèle responsable de cette anomalie est dominant ou récessif.

Les enfants rachitiques ont au moins un parent rachitique de plus la maladie ne saute pas de génération. On en déduit que l'allèle responsable du rachitisme est dominant.

Choix des symboles : sain : s ; rachitique : S.

Montrons que du rachitisme est lié au sexe ou non.

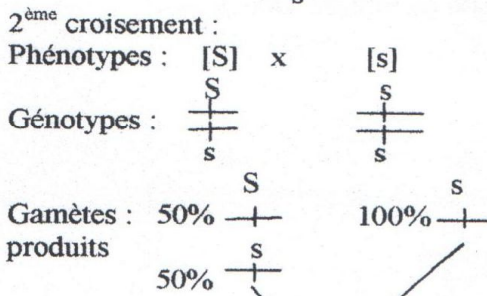
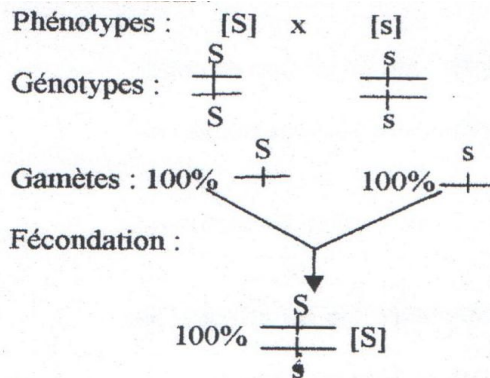
* 1^{er} cas : l'allèle de la maladie est autosomal

Dans ce cas un individu rachitique a deux génotypes possibles $\frac{S}{+} \frac{S}{+}$ ou $\frac{S}{+} \frac{s}{+}$ et les individus sains ont

pour génotype : $\frac{s}{+} \frac{s}{+}$

Faisons les croisements :

1^{er} croisement

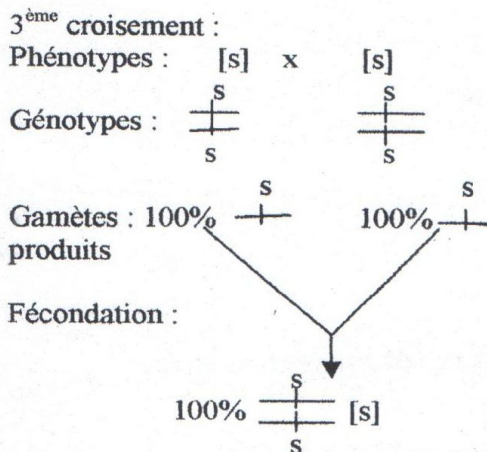


Fécondation :

Échiquier de croisement

		Gamètes [S]	
		50% $\frac{S}{+}$	50% $\frac{s}{+}$
Gamètes [s]	100% $\frac{s}{+}$	50% $\frac{S}{s}$ [S]	50% $\frac{s}{s}$ [s]

Bilan : 50% [S] et 50% [s]



- Ainsi, dans la descendance du mariage d'un individu sain avec un individu malade, on aura des enfants rachitiques seulement ou des enfants rachitiques et des enfants sains.
- S'il s'agit d'un mariage entre des individus sains, il n'y aura aucun enfant rachitique dans la descendance. Ces trois cas ne peuvent être exclus à partir de l'arbre généalogique. Donc l'allèle du rachitisme est autosomal.

* 2^{ème} cas : L'allèle de la maladie est lié au sexe.

Dans ce cas, les génotypes possibles des individus sont les suivants :

Homme sain : $\frac{X^S}{Y}$; homme rachitique : $\frac{X^s}{Y}$

Femme saine : $\frac{X^S}{X^S}$; femme rachitique : $\frac{X^S}{X^s}$ ou $\frac{X^s}{X^s}$

Dans ces conditions :

- l'union d'un homme rachitique avec une femme saine n'a que des filles rachitiques ; aucun garçon de cette descendance ne peut être atteint par le rachitisme ;
- lorsque la femme seule est rachitique dans le couple, les garçons et les filles peuvent être affectés par le rachitisme ;
- si aucun parent n'est rachitique, aucun enfant ne peut être.

Ces différentes situations ne peuvent être refusées à partir de l'arbre généalogique. Donc l'allèle du rachitisme est lié au sexe.

3) a- Analyse des résultats

Lorsque le père seul est rachitique, seules les filles le sont. Par contre si c'est la mère seule qui est affectée par cette maladie, des garçons et des filles de la descendance peuvent être rachitiques.

b- Déduction : de ces observations, on en déduit que l'allèle responsable du rachitisme vitamino-résistant est lié au sexe.

4) Génotypes des individus.

L'individu 1 est un homme malade, son génotype est : $\frac{X^s}{+}$

L'individu 2 est une femme saine, son génotype est : $\frac{X^s}{X^s}$

L'individu 7 est une femme rachitique mais sa mère est saine, son génotype est : $\frac{X^s}{X^s}$

L'individu 8 est un homme sain son génotype est : $\frac{X^s}{+}$

EXERCICE 89

1) Détermination des différentes variantes de la G6PD des gamètes

Chez les ovules, on a la variante A de l'enzyme et chez les spermatozoïdes, on a la variante B.

2) Génotypes des gamètes.

Le gène étant lié au chromosome X, les génotypes des gamètes analysés sont :

pour les ovules on a : $\frac{XA}{+}$

pour les spermatozoïdes on a : $\frac{XB}{+}$

3) Génotypes possibles des membres ce couple sont :

La mère : $\frac{XA}{XA}$ et le père : $\frac{XB}{+}$

4) a- déduction des allèles des parents

La mère a les allèles A et B. quant au père, il a l'allèle B.

b- génotypes des parents.

La mère a le génotype : $\frac{XA}{XB}$ et le père a le génotype : $\frac{XB}{+}$

c- Adéquation des génotypes

Le génotype de la mère ne correspond pas à celui qu'on déduit à partir des génotypes de ces gamètes car on a uniquement la variante A chez les ovules et non la variante B.

d- Explication de l'inadéquation La mère produit aussi des gamètes qui ont l'allèle B, en effet les analyses faites n'ont pas révélé ces ovules car l'échantillon sur lequel l'étude a porté est très faible.

II-DIHYBRIDISME

EXERCICE 90

1) Interprétons ces résultats

• observation

Dans ces croisements deux caractères sont considérés :

- le caractère couleur du maïs qui s'exprime sous deux phénotypes : [rose] et [blanc],

- Le caractère goût du maïs qui s'exprime sous deux phénotypes : [fade] et [sucré]

1^{er} croisement :

- Analyse

Les maïs croisés de phénotypes différents donnent une descendance homogène (F1).

- Interprétation

La F1 étant homogène, les parents croisés sont de race pure : ce sont des homozygotes. Les phénotypes [rose] et [fade] qui s'expriment à la descendance sont dominants et les phénotypes [blanc] et [sucré] qui ne s'expriment pas sont récessifs.

2^{eme} croisement

Etude caractère par caractère

- ❖ Caractère couleur du maïs

- Analyse

$$[\text{Rose}] = \frac{306+104}{544} \times 100 = 75,37\% \text{ s } 75\% \text{ soit } 3/4$$

$$[\text{Blanc}] = \frac{100+34}{544} \times 100 = 24,63\% = 25\% \text{ soit } 1/4$$

On obtient une descendance en ségrégation $1/4$; $1/4$ au niveau des phénotypes.

Interprétation

- Le caractère couleur du maïs est gouverné par un couple d'allèles avec dominance complète.
- Le phénotype [rose] qui s'exprime à la fréquence est dominant et le phénotype [blanc] qui s'exprime à la fréquence $1/4$ est récessif.

Choix des symboles :

- blanc : b
- rose : B
- le couple d'allèles est B/b
- les génotypes des individus croisés sont : $\frac{B}{+}$ et $\frac{B}{+}$

- ❖ Caractère goût du maïs

- Analyse

$$[\text{Fade}] = \frac{306+100}{544} \times 100 = 74,63\% = 75\% \text{ soit } 3/4$$

$$[\text{Sucré}] = \frac{104+34}{544} \times 100 = 25,37\% = 25\% \text{ soit } 1/4$$

On obtient une descendance en ségrégation $1/4$; $1/4$ au niveau des phénotypes.

- Interprétation

- Le caractère goût du maïs est gouverné par un couple d'allèles avec dominance complète.
- Le phénotype [fade] qui s'exprime à la fréquence $1/4$ est dominant et le phénotype [sucré] qui s'exprime à la fréquence $1/4$ est récessif.

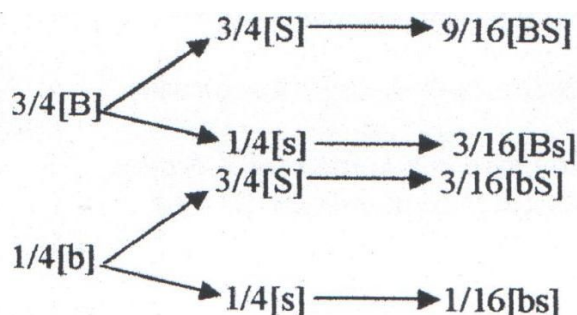
Choix des symboles !

- sucré : s
- fade : S
- le couple d'allèles est S/s
- Les génotypes des individus croisés sont : $\frac{S}{+}$ et $\frac{S}{+}$

Étude simultanée des deux caractères.

Recherche de ségrégation dans l'hypothèse d'indépendance.

Supposons que les deux couples d'allèles B/b et S/s sont indépendants ; on aura alors :



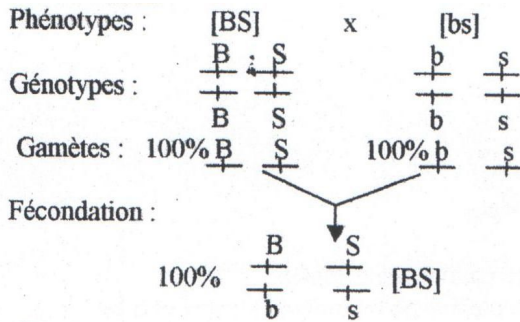
Test de l'hypothèse d'indépendance

Phénotypes observés	Effectifs observés	Hypothèse d'indépendance	
		ségrégation	Effectifs théoriques attendus
[BS]	306	9/16	306
[Bs]	104	3/16	102
[bS]	100	3/16	102
[bs]	34	1/16	34
	544		

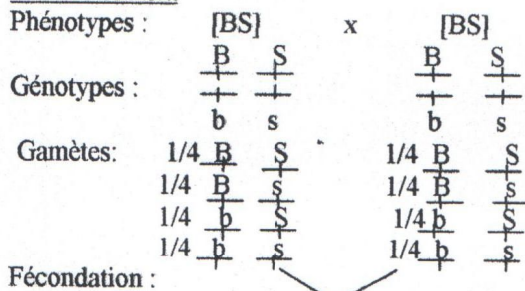
Les effectifs théoriques attendus sont statistiquement identiques aux effectifs observés. On conclut que les deux couples d'allèles B/b et S/s sont indépendants.

• Vérification

1^{er} croisement



2^{ème} croisement



Échiquier de croisement

Gamètes ♂ \ Gamètes ♀	$\frac{1}{4} \frac{B}{+} \frac{S}{+}$	$\frac{1}{4} \frac{B}{+} \frac{s}{+}$	$\frac{1}{4} \frac{b}{+} \frac{S}{+}$	$\frac{1}{4} \frac{b}{+} \frac{s}{+}$
$\frac{1}{4} \frac{B}{+} \frac{S}{+}$	$\frac{1}{16} \frac{B}{+} \frac{S}{+}$ [BS]	$\frac{1}{16} \frac{B}{+} \frac{s}{+}$ [BS]	$\frac{1}{16} \frac{b}{+} \frac{S}{+}$ [BS]	$\frac{1}{16} \frac{b}{+} \frac{s}{+}$ [BS]
$\frac{1}{4} \frac{B}{+} \frac{s}{+}$	$\frac{1}{16} \frac{B}{+} \frac{S}{+}$ [BS]	$\frac{1}{16} \frac{B}{+} \frac{s}{+}$ [Bs]	$\frac{1}{16} \frac{b}{+} \frac{S}{+}$ [BS]	$\frac{1}{16} \frac{b}{+} \frac{s}{+}$ [Bs]
$\frac{1}{4} \frac{b}{+} \frac{S}{+}$	$\frac{1}{16} \frac{B}{+} \frac{S}{+}$ [BS]	$\frac{1}{16} \frac{B}{+} \frac{s}{+}$ [BS]	$\frac{1}{16} \frac{b}{+} \frac{S}{+}$ [bS]	$\frac{1}{16} \frac{b}{+} \frac{s}{+}$ [bS]
$\frac{1}{4} \frac{b}{+} \frac{s}{+}$	$\frac{1}{16} \frac{B}{+} \frac{S}{+}$ [BS]	$\frac{1}{16} \frac{B}{+} \frac{s}{+}$ [Bs]	$\frac{1}{16} \frac{b}{+} \frac{S}{+}$ [bS]	$\frac{1}{16} \frac{b}{+} \frac{s}{+}$ [bs]

Bilan : 9/16 [BS]; 3/16 [Bs]; 3/16 [bS]; 1/16 [bs]

• Conclusion

Les effectifs théoriques attendus sont statistiquement identiques aux effectifs observés donc les deux couples d'allèles B/b et S/s sont indépendants.

2) a- Dans la descendance, il y a effectivement le phénotype recherché ([BS]) c.-à-d. du maïs à coloration rose et à goût sucré.

b- En tenant compte des génotypes, il existe deux sortes de maïs à coloration rose et à goût

sucré. Certains ont le génotype $\frac{B}{+} \frac{s}{+}$ d'autres ont le génotype $\frac{B}{+} \frac{S}{+}$

donc tout le maïs ayant ce phénotype [Bs] ne peut donner satisfaction au planteur.

c- Explication

Il doit faire autofécondation des grains de maïs ayant le phénotype [Bs], A la récolte il ne retiendra que les épis ayant uniquement du maïs à coloration rose et à goût sucré.

EXERCICE 91

1) Interprétons ces résultats

• observation

Dans ces croisements deux caractères sont considérés :

- le caractère aspect du pelage qui s'exprime sous deux phénotypes : [lisse] et [rugueux] ;
- le caractère couleur du pelage qui s'exprime sous trois phénotypes : [brun-rouge] ; [rouan] et [blanc].

1^{er} croisement :

• Analyse

Les bovins croisés de phénotypes différents donnent une descendance homogène (F1).

• Interprétation

La F1 étant homogène, les parents croisés sont de race pure : ce sont des homozygotes.

Pour le caractère aspect, le phénotype [lisse] qui s'exprime à la descendance est dominant et le phénotype [rugueux] qui ne s'exprime pas est récessif. Il y a donc une dominance complète pour ce caractère.

Pour le caractère couleur du pelage, le phénotype [rouan] est intermédiaire de ceux des parents. Il y a donc codominance.

2^{eme} croisement

Etude caractère par caractère

❖ Caractère aspect du pelage

• Analyse

$$[\text{Lisse}] = \frac{96+48+48}{256} \times 100 = 75\% \text{ soit } \frac{3}{4}$$

$$[\text{Rugueux}] = \frac{32+16+16}{256} \times 100 = 25\% \text{ soit } \frac{1}{4}$$

On obtient une descendance en ségrégation $\frac{3}{4}$; $\frac{1}{4}$ au niveau des phénotypes.

• Interprétation

- Le caractère aspect du pelage est gouverné par un couple d'allèles avec dominance complète.
- Le phénotype [lisse] qui s'exprime à la fréquence $\frac{3}{4}$ est dominant et le phénotype [rugueux] qui s'exprime à la fréquence $\frac{1}{4}$ est récessif.

Choix des symboles :

- rugueux : r
- lisse : R
- le couple d'allèles est R/r
- les génotypes des individus croisés soit $\frac{R}{+}$ $\frac{R}{+}$

❖ Caractère couleur du pelage

• Analyse

$$[\text{brun-rouge}] = \frac{48+16}{256} \times 100 = 25\% \text{ soit } \frac{1}{4}$$

$$[\text{Rouan}] = \frac{96+32}{256} \times 100 = 50\% \text{ soit } \frac{1}{2}$$

$$[\text{Blanc}] = \frac{48+16}{256} \times 100 = 25\% \text{ soit } \frac{1}{4}$$

On obtient une descendance en ségrégation $\frac{1}{4}$; $\frac{1}{2}$; $\frac{1}{4}$ au niveau des phénotypes.

• Interprétation

- Le caractère couleur du pelage est gouverné par un couple d'allèles avec codominance.
- Le phénotype [rouan] qui s'exprime à la fréquence est intermédiaire et les phénotypes [brun-rouge] et [blanc] qui s'expriment chacun à la fréquence $\frac{1}{4}$ sont codominants.

Choix des symboles :

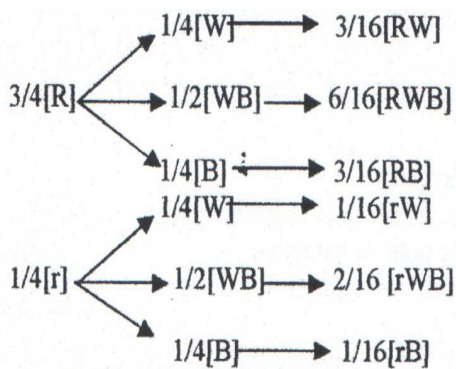
- brun-rouge : W
- blanc : B
- rouan : WB
- le couple d'allèles est W/B

Les génotypes des individus croisés sont : $\frac{W}{+}$ $\frac{B}{+}$ et $\frac{B}{+}$ $\frac{W}{+}$

Étude simultanée des deux caractères

Recherche de ségrégation dans l'hypothèse d'indépendance

Supposons que les deux couples d'allèles R/r et W/B sont indépendants ; on aura alors :



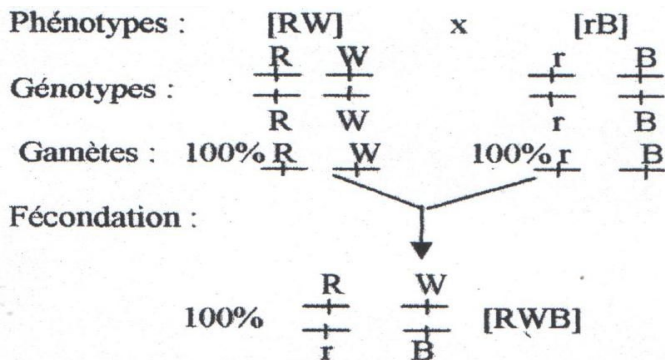
Test l'hypothèse d'indépendance

Phénotypes observés	Effectifs observés	Hypothèse d'indépendance	
		ségrégation	Effectifs théoriques attendus
[RWB]	96	6/16	96
[RW]	48	3/16	48
[RB]	48	3/16	48
[rWB]	32	2/16	32
[rW]	16	1/16	16
[rB]	16	1/16	16
	256		

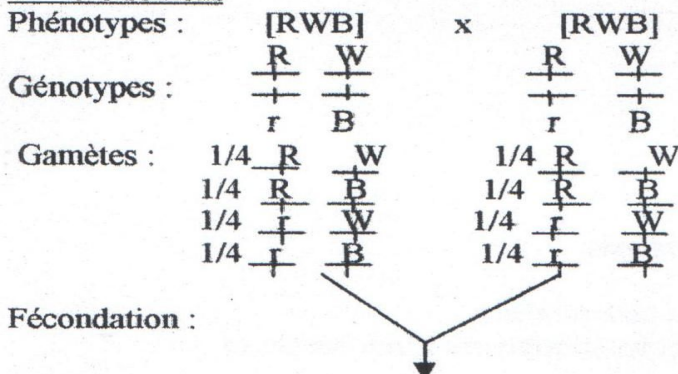
Les effectifs théoriques attendus sont statistiquement identiques aux effectifs observés. On conclut que les deux couples d'allèles R/r et W/B sont indépendants.

- Vérification

1^{er} croisement



2^{ème} croisement



Échiquier de croisement

Gamètes ♂ \ Gamètes ♀	$\frac{1}{4}$ $\begin{smallmatrix} R & W \\ + & + \end{smallmatrix}$	$\frac{1}{4}$ $\begin{smallmatrix} R & B \\ + & + \end{smallmatrix}$	$\frac{1}{4}$ $\begin{smallmatrix} r & W \\ + & + \end{smallmatrix}$	$\frac{1}{4}$ $\begin{smallmatrix} r & B \\ + & + \end{smallmatrix}$
$\frac{1}{4}$ $\begin{smallmatrix} R & W \\ + & + \end{smallmatrix}$	$\frac{1}{16}$ $\begin{smallmatrix} R & W \\ + & + \end{smallmatrix}$ [RW]	$\frac{1}{16}$ $\begin{smallmatrix} R & B \\ + & + \end{smallmatrix}$ [RWB]	$\frac{1}{16}$ $\begin{smallmatrix} R & W \\ r & + \end{smallmatrix}$ [RW]	$\frac{1}{16}$ $\begin{smallmatrix} R & B \\ r & + \end{smallmatrix}$ [RWB]
$\frac{1}{4}$ $\begin{smallmatrix} R & B \\ + & + \end{smallmatrix}$	$\frac{1}{16}$ $\begin{smallmatrix} R & W \\ + & + \end{smallmatrix}$ [RWB]	$\frac{1}{16}$ $\begin{smallmatrix} R & B \\ + & + \end{smallmatrix}$ [RB]	$\frac{1}{16}$ $\begin{smallmatrix} R & B \\ r & + \end{smallmatrix}$ [RWB]	$\frac{1}{16}$ $\begin{smallmatrix} R & B \\ r & + \end{smallmatrix}$ [RB]
$\frac{1}{4}$ $\begin{smallmatrix} r & W \\ + & + \end{smallmatrix}$	$\frac{1}{16}$ $\begin{smallmatrix} R & W \\ r & + \end{smallmatrix}$ [RW]	$\frac{1}{16}$ $\begin{smallmatrix} R & B \\ r & + \end{smallmatrix}$ [RWB]	$\frac{1}{16}$ $\begin{smallmatrix} r & W \\ r & + \end{smallmatrix}$ [rW]	$\frac{1}{16}$ $\begin{smallmatrix} r & W \\ r & + \end{smallmatrix}$ [rWB]
$\frac{1}{4}$ $\begin{smallmatrix} r & B \\ + & + \end{smallmatrix}$	$\frac{1}{16}$ $\begin{smallmatrix} R & W \\ r & + \end{smallmatrix}$ [RWB]	$\frac{1}{16}$ $\begin{smallmatrix} R & B \\ r & + \end{smallmatrix}$ [RB]	$\frac{1}{16}$ $\begin{smallmatrix} r & W \\ r & + \end{smallmatrix}$ [rWB]	$\frac{1}{16}$ $\begin{smallmatrix} r & B \\ r & + \end{smallmatrix}$ [rB]

Bilan : $\frac{6}{16}$ [RWB] ; $\frac{3}{16}$ [RW] ; $\frac{3}{16}$ [RB] ; $\frac{2}{16}$ [rWB] ; $\frac{1}{16}$ [rW] ; $\frac{1}{16}$ [rB]

Conclusion

Les effectifs théoriques attendus sont statistiquement identique aux effectifs observés donc les deux couples d'allèles B/b et S/s sont indépendants.

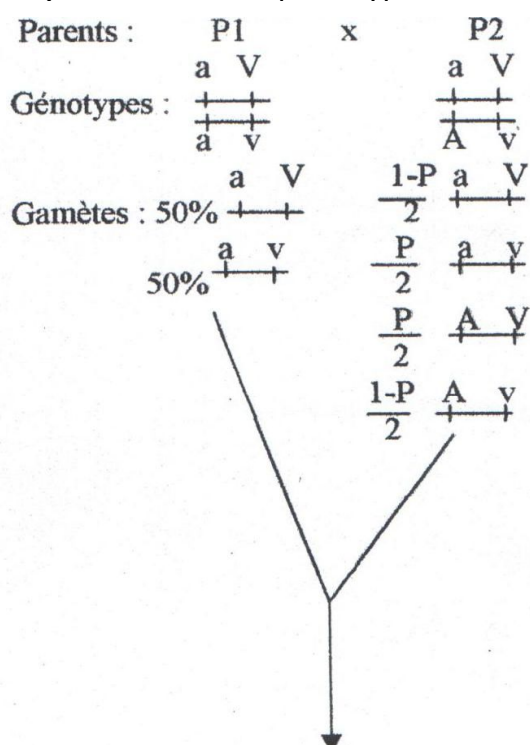
1) Composition d'une descendance de 1280 individus on aura :

- ❖ $1280 \times \frac{6}{16} = 480$ bovins à pelage lisse et rouan ;
- ❖ $1280 \times \frac{3}{16} = 240$ bovins à pelage lisse et brun-rouge ;
- ❖ $1280 \times \frac{3}{16} = 240$ bovins à pelage lisse et blanc ;
- ❖ $1280 \times \frac{2}{16} = 160$ bovins à pelage rugueux et rouan ;
- ❖ $1280 \times \frac{1}{16} = 80$ bovins à pelage rugueux et brun-rouge ;
- ❖ $1280 \times \frac{1}{16} = 80$ bovins à pelage rugueux et blanc

EXERCICE 92

I)

1) Retrouvons les phénotypes de la descendance et leurs proportions Faisons le croisement.



$$\text{On a } DG = 10P$$

$$P = \frac{DG}{100} = \frac{12}{100} = 0,12$$

$$\frac{P}{2} = 0,06 = 6\%$$

$$\frac{1-P}{2} = 0,44 = 44\%$$

Échiquier de croisement

$\begin{array}{c} a \quad V \\ + \quad + \\ + \quad + \\ a \quad v \end{array}$	$44\% \begin{array}{c} a \quad V \\ + \quad + \\ + \quad + \end{array}$	$6\% \begin{array}{c} a \quad v \\ + \quad + \\ + \quad + \end{array}$	$6\% \begin{array}{c} A \quad V \\ + \quad + \\ + \quad + \end{array}$	$44\% \begin{array}{c} A \quad v \\ + \quad + \\ + \quad + \end{array}$
$50\% \begin{array}{c} a \quad V \\ + \quad + \\ + \quad + \end{array}$	$22\% \begin{array}{c} a \quad V \\ + \quad + \\ + \quad + \end{array} [aV]$	$3\% \begin{array}{c} a \quad V \\ + \quad + \\ + \quad + \end{array} [aV]$	$3\% \begin{array}{c} A \quad V \\ + \quad + \\ + \quad + \end{array} [AV]$	$22\% \begin{array}{c} A \quad v \\ + \quad + \\ + \quad + \end{array} [AV]$
$50\% \begin{array}{c} a \quad v \\ + \quad + \\ + \quad + \end{array}$	$22\% \begin{array}{c} a \quad v \\ + \quad + \\ + \quad + \end{array} [aV]$	$3\% \begin{array}{c} a \quad v \\ + \quad + \\ + \quad + \end{array} [av]$	$3\% \begin{array}{c} A \quad v \\ + \quad + \\ + \quad + \end{array} [AV]$	$22\% \begin{array}{c} A \quad v \\ + \quad + \\ + \quad + \end{array} [Av]$

Bilan : 47% [aV] ; 28% [AV] ; 22% [Av] ; 3% [av],

2) Nombre d'individus de chaque catégorie pour 1000 pommes de terre.

$$[aV] = \frac{1000 \times 47}{100} = 470 ; [AV] = \frac{1000 \times 28}{100} = 280 ; [Av] = \frac{1000 \times 22}{100} = 220 ; [av] = \frac{1000 \times 3}{100} = 30.$$

II)

Analyse et interprétation des résultats obtenus

Étude caractère par caractère

- Caractère « forme de la pomme »

Analyse

$$[a] = 38,82\% + 11,18\% = 50\% \text{ soit } 1/2$$

$$[A] = 11,18\% + 38,82\% = 50\% \text{ soit } 1/2$$

Interprétation

- Le caractère « forme de la pomme » est sous la dépendance d'un couple d'allèles.

- Les parents croisés sont l'un hétérozygote $\frac{A}{a}$ et l'autre homozygote récessif de génotype $\frac{a}{a}$

- Le couple d'allèles est A/a.

- Caractère « aspect de la peau »

Analyse

$$[v] = 38,82\% + 11,18\% = 50\% \text{ soit } 1/2$$

$$[V] = 11,18\% + 38,82\% = 50\% \text{ soit } 1/2$$

Interprétation

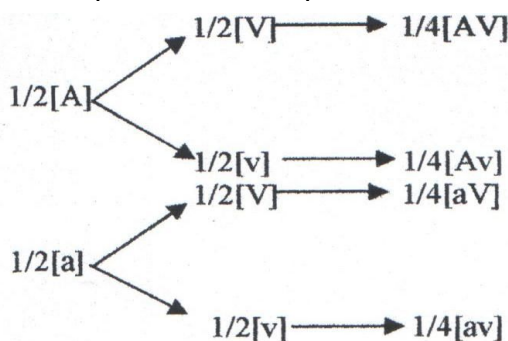
- Le caractère « aspect de la peau » est gouverné par un couple d'allèles.

- Les parents croisés sont l'un hétérozygote $\frac{V}{v}$ et l'autre homozygote récessif de génotype $\frac{v}{v}$

- Le couple d'allèles est V/v.

Étude simultanée des deux caractères

Supposons que les deux couples d'allèles A/a et V/v sont indépendants ; on aura alors :



Test de l'hypothèse d'indépendance

Phénotypes observés	Pourcentages observés	Hypothèse d'indépendance	
		ségrégation	Pourcentages théoriques attendus
[AV]	11,18%	1/4	100% x 1/4 = 25%
[Av]	38,82%	1/4	100% x 1/4 = 25%
[aV]	38,82%	1/4	100% x 1/4 = 25%
[av]	11,18%	1/4	100% x 1/4 = 25%
	100%		

Les pourcentages théorique attendus sont différent des pourcentages observés ; donc les deux couples d'allèles A/a et V/v sont liés.

2) D'après ce qui précède, le croisement effectué entre P3 et P4 est un test cross. Il en résulte que le croisement a été fait entre un double hétérozygote et un double homozygote récessif.

Le pourcentage observé de [av] étant inférieur à son pourcentage théorique attendu alors le double hétérozygote a ses allèles en position trans. Donc les génotypes de P3 et de P4 sont respectivement :

$$\frac{A}{+} \frac{v}{+} \quad \text{et} \quad \frac{a}{+} \frac{v}{+} \quad \text{leur phénotype sont P3 : [AV] et P4 : [av].}$$

EXERCICE 93

A/

1) Dans ce croisement, deux caractères sont étudiés :

- « la couleur des grains » qui s'exprime sous deux phénotypes [jaune] et [mauve] ;
- « la forme des grains » qui s'exprime sous deux phénotypes : [ovale] et [cordiforme].

2) Démontrons que chaque caractère est gouverné par un couple d'allèles

Faisons une étude caractère par caractère

* Caractère couleur des grains

Analyse

[Jaune] = 56,2% + 18,7% = 74,90% = 75% soit 3/4

[Mauve] = 18,8 + 6,3 = 25,1% « 25% soit 1/4

On obtient une descendance en ségrégation 3/4 ; 1/4 au niveau des phénotypes.

Interprétation

Le caractère couleur des grains est gouverné par un couple d'allèles avec dominance complète. Les individus croisés sont hétérozygotes. Le phénotype [jaune] qui s'exprime à la fréquence 3/4 est dominant et le phénotype [mauve] qui s'exprime à la fréquence 1/4 est récessif.

Choix des symboles :

Mauve : m ; jaune : M

Le couple d'allèles est M/m et les génotypes des individus croisés sont

$$\frac{M}{+} \quad \frac{m}{+}$$

* caractère forme des grains

[Ovale] = 56,2% + 18,8% = 75% soit 3/4

[Cordiforme] = 18,7% + 6,3% = 25% soit 1/4

On obtient une descendance en ségrégation 3/4 ; 1/4 au niveau des phénotypes.

Interprétation

Le caractère forme des grains est gouverné par un couple d'allèles avec dominance complète. Les individus croisés sont hétérozygotes. Le phénotype [ovale] qui s'exprime à la fréquence 3/4 est dominant et le phénotype [cordiforme] qui s'exprime à la fréquence 1/4 est récessif.

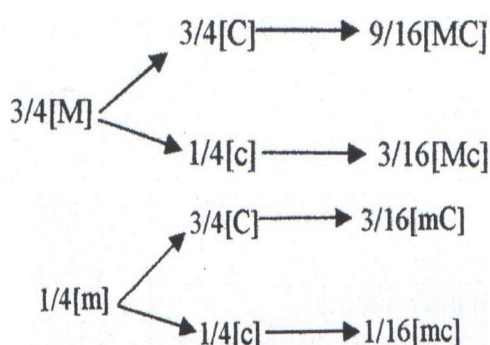
Choix des symboles :

Cordiforme : c ; ovale : C

Le couple d'allèles est C/c et les génotypes des individus croisés sont

$$\frac{C}{+} \quad \frac{c}{+}$$

3) Répartition des couples d'allèles sur les chromosomes Recherche de ségrégation

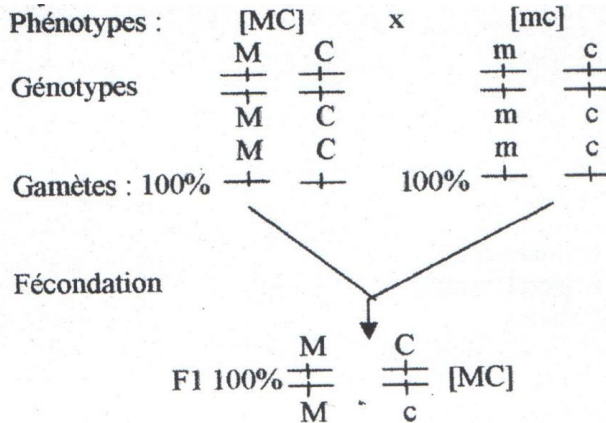


Test de l'hypothèse l'indépendance

Phénotypes observés	Pourcentages observés	Hypothèse d'indépendance	
		ségrégation	Pourcentages théoriques attendus
[MC]	56,2%	9/16	100% x 9/16 = 56,25%
[Me]	18,7%	3/16	100% x 3/16 = 18,75%
[mC]	18,8%	3/16	100% x 3/16 = 18,75%
[me]	6,3%	1/16	100% x 1/16 = 6.25%
	100%		

Les pourcentages théoriques attendus sont statistiquement identiques aux pourcentages observés. Les deux couples d'allèles M/m.et C/c sont donc indépendants.

4) interprétation chromosomique



Les phénotypes dominants sont [jaune] et [non déprimé]

Choix des symboles :

Couleur des grains { Mauve : m ; Aspect des grains { déprimé : d
Jaune : M ; non déprimé

Montrons que les deux couples d'allèles sont liés ou indépendants.

❖ Étude caractère par caractère

- Caractère couleur des grains

$$[M] = \frac{7+395}{800} \times 100 = 50,25\% \approx 50\% \text{ soit } \frac{1}{2}$$

$$[m] = \frac{390+8}{800} \times 100 = 49,75\% \approx 50\% \text{ soit } \frac{1}{2}$$

On obtient une descendance en ségrégation 1/2 ; 1/2 au niveau des phénotypes.

--caractère aspect des grains

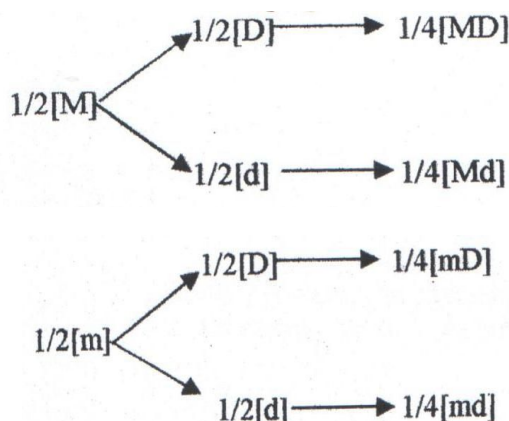
$$[D] = \frac{8+395}{800} \times 100 = 50,37\% \approx 50\% \text{ soit } \frac{1}{2}$$

$$[d] = \frac{7+390}{800} \times 100 = 49,63\% \approx 50\% \text{ soit } \frac{1}{2}$$

On obtient une descendance en ségrégation 1/2 ; 1/2 au niveau des phénotypes.

❖ Étude simultanée des deux caractères

- Recherche de la ségrégation



Test de l'hypothèse d'indépendance

Phénotypes observés	Effectifs observés	Hypothèse d'indépendance	
		ségrégation	Effectifs théoriques attendus
[MD]	395	1/4	$800 \times 1/4 = 200$
[Md]	7	1/4	$800 \times 1/4 = 200$
[mD]	8	1/4	$800 \times 1/4 = 200$
[md]	390	1/4	$800 \times 1/4 = 200$
	800		

Les effectifs théoriques attendus sont différents des effectifs observés. Donc les deux couples d'allèles M/m et D/d ne sont pas indépendants ils sont liés.

4) Établissons la carte factorielle

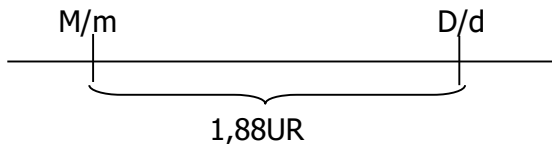
- Déterminons la distance génétique (DG)

DG = pourcentage des individus recombinés

$$DG = \frac{7+8}{800} \times 100 = 1,88\% \text{ de recombinaison}$$

$$DG = 1,88 \text{ CM} = 1,88 \text{ UR}$$

- Carte factorielle : Échelle 1 cm $\longrightarrow$ 0,5 UR



5) Le phénotype d'un grain de race pure jaune, ovale et déprimé est : [MdC].

Son génotype est : $\frac{M}{m} \frac{d}{d} \frac{C}{c}$

EXERCICE 94

1) Montrons que l'allèle de chaque maladie est dominant ou récessif

❖ Pour la maladie A : les parents I₁ et I₂ apparemment sains ont donné naissance à 2 enfants II₁ et II₂ malades ; ce qui signifie que l'allèle de la maladie A existe chez ces parents mais il est masqué par l'allèle sain. Donc l'allèle de la maladie A est récessif.

Choix des symboles : maladie A : a ; sain : A ; couple d'allèles A/a.

❖ Pour la maladie B : les parents III₆ et III₇ apparemment sains ont donné naissance à un enfant IV₅ malade ; ce qui signifie que l'allèle de la maladie B existe chez ces parents mais il est masqué par l'allèle sain. Donc l'allèle de la maladie B est récessif.

Choix des symboles : maladie B : b ; sain : B ; couple d'allèles B/b.

2) Montrons que l'allèle de chaque maladie est porté par un autosome ou par un gonosome

❖ Pour la maladie A : elle affecte uniquement les hommes donc l'allèle responsable de cette maladie est porté par le gonosome X (le gonosome Y étant génétiquement neutre)

Pour la maladie B : elle affecte aussi uniquement les hommes donc l'allèle responsable de cette maladie est porté par le gonosome X.

3) Relation entre les gènes des deux maladies.

Les deux couples d'allèles (ou gènes) A/a et B/b étant porté par le chromosome sexuel ou gonosome X alors ils sont liés.

4) Détermination des génotypes :

$$II_2 : X \begin{array}{c} a \quad B \\ + \quad + \\ + \quad + \end{array} \quad III_3 : X \begin{array}{c} A \quad b \\ + \quad + \\ + \quad + \end{array}$$

5) Dédution du génotype de l'individu II₃

De son mariage avec l'homme U₂ atteint de la maladie A, la femme II₃ a donné naissance au garçon III₃ atteint de la maladie B. elle est donc hétérozygote pour la maladie B puisqu'elle transmet à ses enfants garçons l'allèle responsable de la maladie B.

Son génotype est donc : $X \begin{array}{c} A \quad B \\ + \quad + \\ + \quad + \end{array} \quad X \begin{array}{c} A \quad b \\ + \quad + \\ + \quad + \end{array}$

6) a- Génotypes possibles de la femme III₆ sont :

$$X \begin{array}{c} A \quad B \\ + \quad + \\ + \quad + \end{array} \quad \text{ou} \quad X \begin{array}{c} A \quad B \\ + \quad + \\ + \quad + \end{array} \quad X \begin{array}{c} a \quad b \\ + \quad + \\ + \quad + \end{array}$$

Si la femme III₆ a le génotype $\begin{array}{cc} & A & B \\ X & \text{---} & \text{---} \\ X & \text{---} & \text{---} \\ & a & B \end{array}$, de son mariage avec l'homme III₇, aucun des enfants ne peut être atteint à la fois des deux maladies A et B comme le monte l'échiquier de ci-dessous

♂ III ₇ / ♀ III ₆	$\frac{1}{2} X \begin{array}{c} A \quad B \\ + \quad + \end{array}$ $\frac{1}{4} X \begin{array}{c} A \quad B \\ + \quad + \end{array} \quad \text{♀ [AB]}$ $X \begin{array}{c} A \quad B \\ + \quad + \end{array}$ $\frac{1}{2} \longrightarrow$	$\frac{1}{2} X \begin{array}{c} a \quad B \\ + \quad + \end{array}$ $\frac{1}{4} X \begin{array}{c} A \quad B \\ + \quad + \end{array} \quad \text{♀ [AB]}$ $X \begin{array}{c} A \quad B \\ + \quad + \end{array}$ $\frac{1}{4} X \begin{array}{c} a \quad B \\ + \quad + \end{array} \quad \text{♂ [aB]}$
---	--	--

Bilan : $1/2 \text{♀ [AB]} ; 1/4 \text{♂ [AB]} ; 1/4 \text{♂ [aB]}.$

Si 1 femme III₆ a le génotype $\begin{array}{c} A & B \\ X & \text{---} & | & \text{---} & | \\ X & \text{---} & | & \text{---} & | \\ & A & & & b \end{array}$ de son mariage avec l'homme III₇, 1/8 de ses enfants ne peut

être atteint à la fois des deux malades A et B comme le montre l'échiquier de ci-dessous

$\frac{\text{♀ III}_6}{\text{♂ III}_7}$	$\frac{A}{1/4} X \frac{B}{+}$	$\frac{A}{1/4} X \frac{b}{+}$	$\frac{a}{1/4} X \frac{B}{+}$	$\frac{a}{1/4} X \frac{b}{+}$
$\frac{1/2}{2} X \frac{A}{+} \frac{B}{+}$	$\frac{1/8}{2} X \frac{A}{+} \frac{B}{+} \text{♀ [AB]}$ $X \frac{+}{+}$ $A \quad B$	$\frac{1/8}{2} X \frac{A}{+} \frac{B}{+} \text{♀ [AB]}$ $X \frac{+}{+}$ $A \quad b$	$\frac{1/8}{2} X \frac{A}{+} \frac{B}{+} \text{♀ [AB]}$ $X \frac{+}{+}$ $a \quad B$	$\frac{1/8}{2} X \frac{A}{+} \frac{B}{+} \text{♀ [AB]}$ $X \frac{+}{+}$ $a \quad b$
$\frac{1/2}{2} \longrightarrow$	$\frac{1/8}{2} X \frac{A}{+} \frac{B}{+} \text{♂ [AB]}$ $\longrightarrow$	$\frac{1/8}{2} X \frac{A}{+} \frac{b}{+} \text{♂ [Ab]}$ $\longrightarrow$	$\frac{1/8}{2} X \frac{a}{+} \frac{B}{+} \text{♂ [aB]}$ $\longrightarrow$	$\frac{1/8}{2} X \frac{a}{+} \frac{b}{+} \text{♂ [ab]}$ $\longrightarrow$

Bilan : $1/2 \text{♀}$ [AB] ; $1/8 \text{♂}$ [AB] ; $1/8 \text{♂}$ [Ab] ; $1/8 \text{♂}$ [aB] ; $1/8 \text{♂}$ [ab].

Le génotype exact de la femme IIe est donc :

	A	B
X	—	—
X	—	—
	A	b

7) Explication

La coexistence des deux maladies chez l'individu IV_6 est due au phénomène de crossing-over qui s'est produit en prophase I de la méiose chez la mère III_6 lors de la maturation des ovules.

EXERCICE 95

1) Définition

On appelle caractère héréditaire, un caractère transmissible des parents à la descendance.

2) Montrons que Lu^+ et Se^+ sont dominants.

Les individus 1 et 2 sont tous les deux $[Lu^+ Se^+]$ alors que certains de leurs enfants notamment 4, 5 et 6 sont $[Lu^- Se^-]$. Ce phénotype de ces enfants montre que les allèles Lu^- et Se^- existent chez les parents 1 et 2 où ils sont masqués respectivement par les allèles Lu^+ et Se^+ .

L'allèle Lu^+ domine donc l'allèle Lu^- et l'allèle Se^+ domine l'allèle Se^- .

3) a- Montrons que les deux gènes ne sont liés au sexe.

Les deux gènes se sont exprimés chez la femme 1 qui est $[Lu^+ Se^+]$; ils ne sont donc pas portés par le gonosome Y car les femmes n'en ont pas.

Si ces gènes liés étaient portés par le gonosome X, alors le père 2 de phénotype $[Lu^+ Se^+]$ et de

génotype $\times \begin{array}{c} \text{Lu}^+ \text{Se}^+ \\ + \\ + \\ + \end{array}$ transmettrait à toutes ses filles le gonosome $\begin{array}{c} \text{Lu}^+ \text{Se}^+ \\ \times + - + \end{array}$ qui seraient alors de

phénotype [Lu⁺Se⁺], or la fille 4, de ce père, est Luthéran négatif et non sécréteur c.-à-d. de phénotype [Lu⁻Se⁻]. Ces deux gènes ne sont donc pas portés par le gonosome X. ils sont donc portés par une paire d'autosomes.

b- génotypes des individus 1, 2, 7 et 8.

- Génotype 1 et 2 : $\begin{array}{c} \text{Lu}^+ \text{Se}^+ \\ \text{Lu}^- \text{Se}^- \end{array}$ leur génotype se justifiant par la naissance des enfants 4,5 et 6 de

ce couple, et qui sont $[\text{Lu}^- \text{Se}^-]$. En effet ces enfants ont reçu chacun, les allèles Lu^- et Se^- de leurs deux parents 1 et 2.

- Génotype de 7 : $\begin{array}{c} \text{Lu}^+ \text{Se}^+ \\ \text{Lu}^- \text{Se}^- \end{array}$ ou $\begin{array}{c} \text{Lu}^+ \text{Se}^+ \\ \text{Lu}^+ \text{Se}^+ \end{array}$

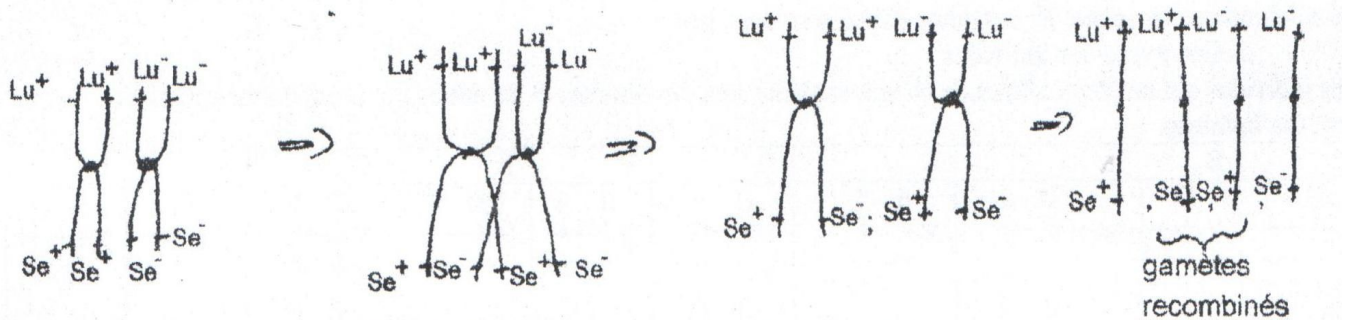
- génotype de 8 : $\begin{array}{c} \text{Lu}^+ \text{Se}^+ \\ \text{Lu}^- \text{Se}^- \end{array}$ en effet il a transmis les allèles Lu^- et Se^- à sa fille 13.

c- Explication schématique du mécanisme d'apparition de l'individu 12

L'individu 12 $[\text{Lu}^+ \text{Se}^+]$ a reçu de sa mère 9 de phénotype $[\text{Lu}^- \text{Se}^-]$ forcément les allèles Lu^- et Se^- car

cette dernière a pour génotype : $\begin{array}{c} \text{Lu}^- \text{Se}^- \\ \text{Lu}^- \text{Se}^- \end{array}$. Son génotype est donc $\begin{array}{c} \text{Lu}^- \text{Se}^+ \\ \text{Lu}^- \text{Se}^- \end{array}$

C'est donc son père 8 qui lui a donné les allèles Lu^- et Se^+ . Ceci n'est possible que si l'on admet qu'un crossing-over s'est opéré au niveau de la paire d'autosomes concernée, lors de la gamétogénèse chez ce dernier ; selon le schéma ci-dessous :



MECANISME DU CROSSING-OVER CHEZ L'INDIVIDU 8

C'est donc le gamète recombiné $\begin{array}{c} \text{Lu}^+ \text{Se}^+ \\ \text{Lu}^- \text{Se}^- \end{array}$ que 8 a donné à 12.

4) Le couple 8 et 9 a autant de chance d'avoir des enfants Luthéran positif et sécréteur ($[\text{Lu}^+ \text{Se}^+]$) que d'enfants Luthéran négatif et non sécréteur ($[\text{Lu}^- \text{Se}^-]$). Un tel enfant Luthéran positif et sécréteur aura

Pour génotype $\begin{array}{c} \text{Lu}^+ \text{Se}^+ \\ \text{Lu}^- \text{Se}^- \end{array}$. Avec les allèles Lu^- et Se^- provenant de sa mère 9 et les allèles Lu^+ et Se^+

correspondant à un gamète non recombiné de son père 8.

EXERCICE 96

1) Allèles dominants ou récessifs

Les parents 3 et 4 apparemment sains ont donné dans leur descendance des enfants daltoniens et des enfants atteints du favisme. Les deux allèles responsables du daltonisme et du favisme existent donc chez les parents 3 et 4 mais sous la forme masquée. Ces allèles sont donc récessifs.

Choix des symboles :

● Daltonisme $\left\{ \begin{array}{l} \text{Allèle du daltonisme : d} \\ \text{Allèle normal : D} \end{array} \right.$

● Favisme $\left\{ \begin{array}{l} \text{Allèle du favisme : f} \\ \text{Allèle normal : F} \end{array} \right.$

1) Allèles liés au sexe ou non.

1^{er} cas : supposons que les deux allèles sont liés au sexe ; on a alors les génotypes possibles suivants :

Individus maladies	homme normal	homme atteint	femme normale	femme atteinte
Daltonisme	$\frac{\text{XD}}{\text{XD}}$	$\frac{\text{Xd}}{\text{Xd}}$	$\frac{\text{XD}}{\text{XD}}$ ou $\frac{\text{XD}}{\text{Xd}}$	$\frac{\text{Xd}}{\text{Xd}}$
Favisme	$\frac{\text{XF}}{\text{XF}}$	$\frac{\text{Xf}}{\text{Xf}}$	$\frac{\text{XF}}{\text{XF}}$ ou $\frac{\text{XF}}{\text{Xf}}$	$\frac{\text{Xf}}{\text{Xf}}$

Avec ces génotypes possibles :

- tout homme atteint par les deux maladies peut avoir des filles conductrices
- toute femme saine mais conductrice peut avoir des garçons atteints ou non ; aucune de ses filles ne peut être atteinte si le père est sain.

Ces observations sont bien vérifiées par l'arbre généalogique qui nous est proposé.

2^{ème} cas : supposons que les deux allèles sont portés par des autosomes

Si tel est le cas, les hommes et les femmes ont théoriquement les mêmes risques d'être atteints.

Mais au niveau de l'arbre généalogique, seuls les hommes sont atteints par le daltonisme et le favisme. L'effectif des individus de cet arbre généalogique étant faible, nous ne pouvons pas écarter cette hypothèse qui semble ne pas être vérifiée ici.

2) a- Analyse

Pour chaque maladie, il existe des individus qui ont deux allèles et d'autres qui n'ont qu'un seul allèle. Pour les premiers (c.-à-d. ceux qui ont deux allèles) ; ceux qui ont un allèle de la maladie sont quand même sains. Par contre pour les derniers (c.-à-d. ceux qui ont un seul allèle) ; il suffit qu'ils aient l'allèle de la maladie donnée pour qu'ils soient atteints.

b- Dédution

Toutes ces observations ne peuvent s'expliquer que si l'allèle responsable de chacune de ses deux maladies est lié au chromosome sexuel X: ces deux allèles sont donc liés.

c- Génotypes des individus.

Les individus qui ont deux allèles de chaque maladie sont des femmes et les autres qui n'ont qu'un seul allèle sont des hommes.

A	B	C	D	E	F	G	H	I
$\begin{array}{c} D \quad f \\ X \quad + \quad + \\ \rightarrow \end{array}$	$\begin{array}{c} D \quad F \quad D \quad f \\ X \quad + \quad + \quad \text{ou} \quad X \quad + \quad + \\ X \quad + \quad + \quad X \quad + \quad + \\ d \quad f \quad d \quad F \end{array}$	$\begin{array}{c} d \quad f \\ X \quad + \quad + \\ \rightarrow \end{array}$	$\begin{array}{c} D \quad F \\ X \quad + \quad + \\ X \quad + \quad + \\ D \quad f \end{array}$	$\begin{array}{c} d \quad F \\ X \quad + \quad + \\ \rightarrow \end{array}$	$\begin{array}{c} D \quad F \\ X \quad + \quad + \\ \rightarrow \end{array}$	$\begin{array}{c} D \quad F \\ X \quad + \quad + \\ X \quad + \quad + \\ D \quad F \end{array}$	$\begin{array}{c} d \quad f \\ X \quad + \quad + \\ \rightarrow \end{array}$	$\begin{array}{c} D \quad F \\ X \quad + \quad + \\ \rightarrow \end{array}$

d- Correspondance entre les individus des documents 1 et 2

Individus	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Numéros	8	3	7	6	9	4	12	1	5

3) a- calcul de la fréquence de chaque catégorie de garçons

Le nombre total d'individus de cette famille est 193 ; donc la fréquence de :

- garçons atteints du favisme seul ([Df]) est : $(3 \times 100) : 193 = 1,55\%$
- garçons atteints du daltonisme seul ([dF]) est : $(2 \times 100) : 193 = 1,04\%$
- garçons atteints de daltonisme et de favisme ([df]) est : $(45 \times 100) : 193 = 23,32\%$
- garçons sains ([DF]) est : $(50 \times 100) : 193 = 25,91\%$.

b- Explication

Les phénotypes des garçons reflètent en qualité les génotypes des gamètes produits par leur mère. Ces dernières ont donc produit chacune quatre types de gamètes :

$\begin{array}{c} D \quad F \\ X \quad + \quad + \end{array}$; $\begin{array}{c} D \quad f \\ X \quad + \quad + \end{array}$; $\begin{array}{c} d \quad F \\ X \quad + \quad + \end{array}$; $\begin{array}{c} d \quad f \\ X \quad + \quad + \end{array}$

La faible proportion des garçons [dF] et [Df] est due à la faible proportion des gamètes $\begin{array}{c} D \quad f \\ X \quad + \quad + \end{array}$ et $\begin{array}{c} d \quad F \\ X \quad + \quad + \end{array}$

Ce sont donc des gamètes recombinés ils sont issus d'un crossing-over. Les gamètes et sont alors des gamètes parentaux ; ce qui est d'ailleurs prouvé par la fréquence élevée des garçons de phénotypes

[DF] et [df]. On peut donc déduire le génotype des mères qui est le suivant :

$\begin{array}{c} D \quad F \\ X \quad + \quad + \\ X \quad + \quad + \\ D \quad f \end{array}$

EXERCICE 97

1) détermination des phénotypes dominants et récessifs.

Pour le caractère longueur du poil, le phénotype court est dominant car c'est ce phénotype qui s'exprime à la F1 donc angora est récessif.

Quant au caractère couleur du pelage, le phénotype papillon est dominant car c'est ce phénotype qui s'exprime à la F1 donc noir est récessif.

2) a- nommons le 2^{ème} croisement effectué

C'est un test cross parce qu'on a croisé un individu double hétérozygote avec un individu double homozygote récessif.

b- résultats de ce 2^{ème} croisement

- 20 lapins à poils courts et paillons
- 3 lapins à poils courts et noirs
- 3 lapins à poils angoras et paillons -20 lapins à poils angoras et noirs.

3) a- Démontrons que chaque caractère est sous la dépendance d'un couple d'allèles

Faisons une étude caractère par caractère.

* Caractère longueur du poil Analyse

Angora : (23x100) :46=50% soit 1/2 Court : (23x100) :46=50%soit 1/2

On obtient une descendance en ségrégation 1/2 ; 1/2 au niveau des phénotypes.

Interprétation

Le caractère longueur du poil est gouverné par un couple d'allèles

Les individus croisés sont l'un double hétérozygote et l'autre double homozygote récessif ; c'est un test cross.

* Caractère couleur du pelage Analyse

Noir : (23x100) :46=50% soit 1/2 Papillon : (23x100) :46=50%-soit 1/2

On obtient une descendance en ségrégation 1/2 ; 1/2 au niveau des phénotypes.

Interprétation

Le caractère couleur du pelage est gouverné par un couple d'allèles

Les individus croisés sont l'un double hétérozygote et l'autre double homozygote récessif ; c'est un test cross.

b- Choix des symboles

Caractère longueur du poil : angora : a ; court: A ; le couple d'allèles est A/a.

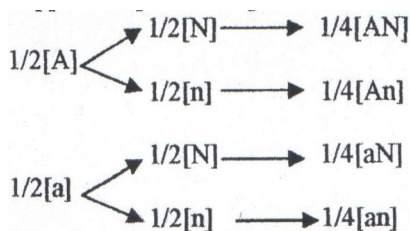
Caractère couleur du pelage : noir : n ; papillon : N ; le couple d'allèles est N/n.

4) a- montrons que les deux couples d'allèles sont indépendants ou liés.

Étude simultanée des deux caractères

* Recherche de la ségrégation

Supposons que les couples d'allèles sont indépendants.



* Test de l'hypothèse d'indépendance

Phénotypes observés	Effectifs observés	Hypothèse d'indépendance	
		ségrégation	Effectifs théoriques attendus
[AN]	20	1/4	46x 1/4= 11,5
[An]	3	1/4	46x 1/4= 11,5
[aN]	3	1/4	46x 1/4= 11,5
[an]	20	1/4	46x 1/4= 11,5
	46		

Les effectifs théoriques attendus sont largement différents des effectifs observés. Les deux couples d'allèles A/a et N/n sont donc liés.

b- Dédution des génotypes des parents

La descendance d'un test cross reflète en qualité et quantité les génotypes des gamètes produits par l'individu double hétérozygote. Ve dernier a donc produit deux types de gamètes à effectif

Minoritaire ($\frac{A}{+} \frac{n}{+}$ et $\frac{a}{+} \frac{N}{+}$) qui sont des gamètes recombinés et deux types de gamètes à effectif majoritaire ($\frac{A}{+} \frac{N}{+}$ et $\frac{a}{+} \frac{n}{+}$) qui sont des gamètes parentaux.

Les allèles sont donc en position CIS. Les génotypes des parents sont donc :

$\frac{A}{+} \frac{N}{+}$ [AN] et $\frac{a}{+} \frac{n}{+}$ [an]

5) a- Détermination de la distance génétique

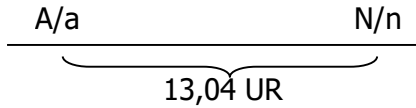
Comme il s'agit d'un test cross alors la distance génétique est le pourcentage des gamètes recombinés.

$$DG = \frac{3+3}{46} \times 100 = 13,04\%$$

$$DG = 13,04 \text{ UR} = 13,04 \text{ CM}$$

b- Carte factorielle

Échelle : 1cm $\longrightarrow$ 3UR



EXERCICE 98

Dans ce problème 2 caractères sont étudiés :

- Le caractère taille des oreilles qui s'exprime sous 2 phénotypes : grand et petit
- Le caractère forme des lobes des oreilles qui s'exprime également sous 2 phénotypes : détaché et soudé.

1) Allèles dominants ou récessifs

Cas du caractère taille des oreilles

Les parents II₅ et II₆ aux grandes oreilles ont donné naissance à l'enfant III₇ aux petites oreilles. Cela signifie que l'allèle responsable des petites oreilles existe chez les ces parents mais à l'état masqué. On en déduit donc que l'allèle petit est récessif tandis que l'allèle grand est dominant.

Choix des symboles : Petit : *p* ; Grand : *P* ; le couple d'allèles est (*P/p*)

Cas du caractère forme des lobes

Les parents I₁ et I₂ aux lobes des oreilles détachés ont donné naissance à l'enfant II₅ qui a les lobes des oreilles soudés. Cela signifie que l'allèle responsable des oreilles à lobes soudés existe chez ces parents mais à l'état masqué. On en déduit donc que l'allèle soudé est récessif tandis que l'allèle détaché est dominant.

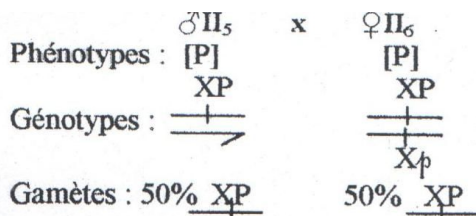
Choix des symboles : soudé : *s* ; détaché : *S* ; le couple d'allèles est *S/s*.

2) Précisons la position des allèles sur les chromosomes (liés au sexe ou non)

* Cas du caractère taille des oreilles

Hypothèse : supposons que l'allèle responsable de la taille des oreilles est lié au sexe

- Considérons le croisement du couple II₅ - II₆



50% $\frac{XP}{+}$ 50% $\frac{Xp}{+}$

↓

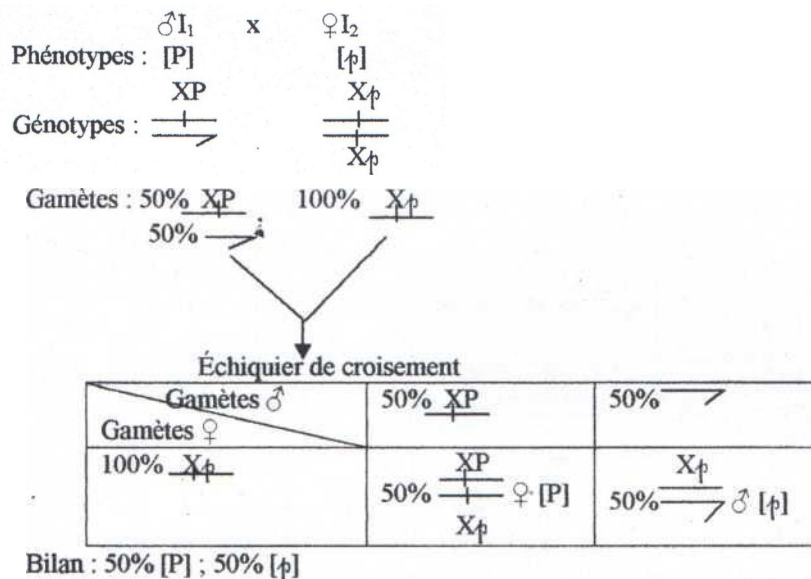
Échiquier de croisement

Gamètes ♂ \ Gamètes ♀	50% $\frac{XP}{+}$	50% $\frac{Xp}{+}$
50% $\frac{XP}{+}$	25% $\frac{XP}{+}$ ♀ [P]	25% $\frac{XP}{+}$ ♂ [P]
50% $\frac{Xp}{+}$	25% $\frac{XP}{+}$ ♀ [P]	25% $\frac{Xp}{+}$ ♂ [p]

Bilan : 50% ♀ [P] ; 25% ♂ [P] ; 25% ♂ [p]

Conclusion : Les résultats de l'échiquier de croisement sont conformes à ceux du pedigree. L'allèle responsable de la taille des oreilles peut être porté par le chromosome sexuel X.

- Considérons le croisement du couple I₁-I₂

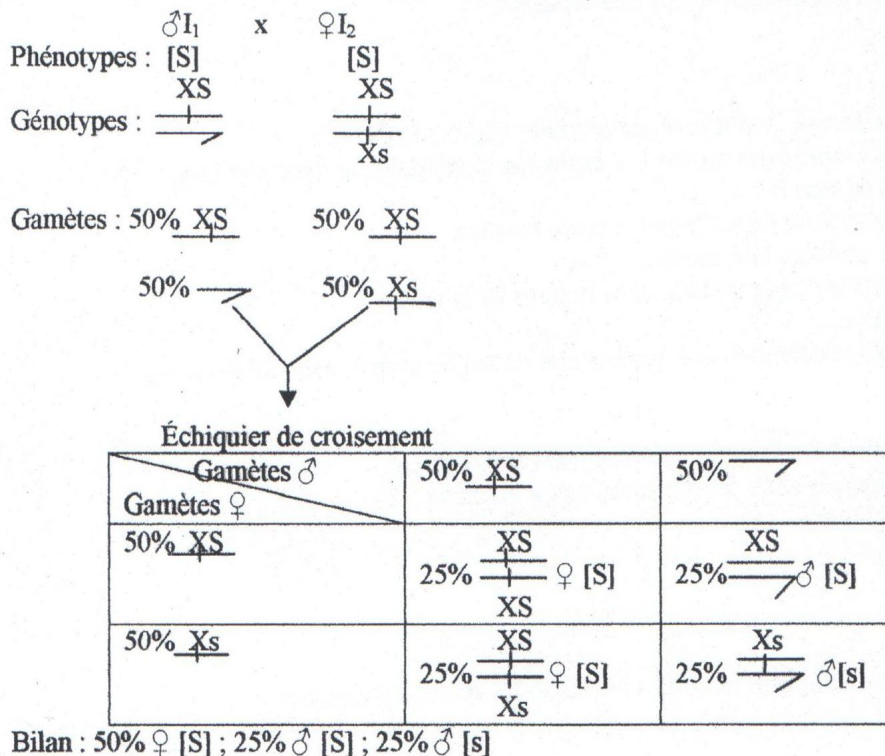


Conclusion : D'après l'échiquier de croisement toutes les filles de ce couple ont des grandes oreilles et les garçons ont des petites oreilles. Or dans le pedigree la fille II₃ a de petites oreilles et les garçons II₄ et II₅ ont de grandes oreilles. On en déduit donc que l'allèle responsable de la taille des oreilles est porté par une paire d'autosomes.

* Cas du caractère forme des lobes des oreilles

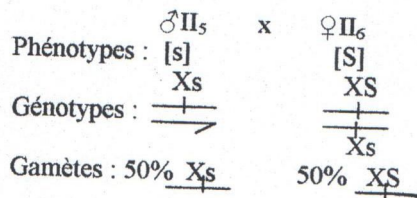
Hypothèse : supposons que l'allèle responsable de la forme des lobes des oreilles est lié au sexe.

- Considérons le croisement du couple I₁-I₂.



Conclusion : ces résultats sont conformes à ceux du pedigree ; donc l'allèle responsable de la forme des lobes des oreilles est lié au sexe.

- Considérons le croisement du couple II₅-II₆.



Échiquier de croisement

Gamètes ♂	50% $\frac{Xs}{+}$	50% $\frac{+}{+}$
Gamètes ♀		
50% $\frac{XS}{+}$	$\frac{XS}{+}$ 25% $\frac{XS}{+}$ ♀ [S] $\frac{Xs}{+}$	$\frac{XS}{+}$ 25% $\frac{XS}{+}$ ♂ [S]
50% $\frac{Xs}{+}$	$\frac{Xs}{+}$ 25% $\frac{Xs}{+}$ ♀ [s] $\frac{Xs}{+}$	$\frac{Xs}{+}$ 25% $\frac{Xs}{+}$ ♂ [s]

Bilan : 25% ♀ [S] ; 25% ♀ [s] ; 25% ♂ [S] ; 25% ♂ [s]

Conclusion : ces résultats sont conformes à ceux du pedigree ; donc l'allèle responsable de la forme des lobes des oreilles est lié au sexe c.-à-d. porté par le gonosome X.

3) Génotypes des parents II₅ et II₆ :

$$\text{II}_5 : \frac{P}{p} \frac{Xs}{+} ; \quad \text{II}_6 : \frac{P}{p} \frac{XS}{+}$$

III- AMELIORATION DES ESPECES

EXERCICE 99

1) Description

- Prélèvement d'ovocytes chez l'individu de race A et d'un embryon chez l'individu de race B ;
- énucléation des ovocytes de race A sous l'action des rayons UV après leur activation par choc électrique
- dissociation des cellules embryonnaires de race B ;
- greffe du noyau de chaque cellule embryonnaire dans chaque ovocyte énucléé.

2) a- Opération à faire pour obtenir une nouvelle vache

On doit transplanter l'ovocyte greffé, au stade embryonnaire, dans l'utérus de la vache A.

b- Caractères de la vache obtenue Cette vache obtenue aura les caractères de la vache B c.-à-d. productrice de lait de grande quantité mais trop sensible aux maladies tropicales.

c- Justification

Le noyau greffé provenant de la vache B alors il a le même génome que cette dernière.

3) a- Nom de l'ensemble des individus de cette descendance : c'est un clone

b- Identification de la technique : c'est le clonage.

EXERCICE 100

A/

1) Génotype des grains noirs

Le phénotype « blanc » est dominant donc « noir » est récessif. On choisit les symboles suivants :

- noir : n
- blanc : N
- couple d'allèles : N/n

Les grains noirs sont tous homozygotes parce que le phénotype « noir » est récessif. Leur génotype est

le suivant : $\frac{n}{n}$

2) Génotype des grains blancs

Le phénotype « blanc » est dominant, on peut avoir des grains homozygotes dominants et des grains

hétérozygotes. Alors on a deux génotypes possibles dans le lot des grains blancs : $\frac{N}{N}$ et $\frac{N}{n}$

3) Obtention de parents à l'état pur

* Les grains noirs : ils sont déjà à l'état pur.

* Les grains blancs : on doit les autoféconder et ne retenir que les épis ayant uniquement des grains blancs. Les grains de ces épis sont tous à l'état pur.

B/

1) Nom des grains : les grains obtenus après la fécondation croisée de maïs à l'état pur sont des hybrides de la F1.

2) Analyse

Les épis issus de l'autofécondation du maïs à l'état pur ont des caractéristiques moins intéressantes ; leur diamètre, le nombre de et la masse des grains sont faibles. Ces caractéristiques sont améliorées chez les hybrides de la F1.

3) Intérêt de l'hybridation

L'hybridation améliore les valeurs des caractères des individus à l'état pur. Cette l'hétérosis ou vigueur hybride.

EXERCICE 101

1) Analyse du graphe

La croissance journalière ou GMQ de la race A est plus élevée que celle de la race B.

La croissance journalière ou GMQ de l'hybride est supérieure à la moyenne des GMQ des races A et B.

2) Interprétation

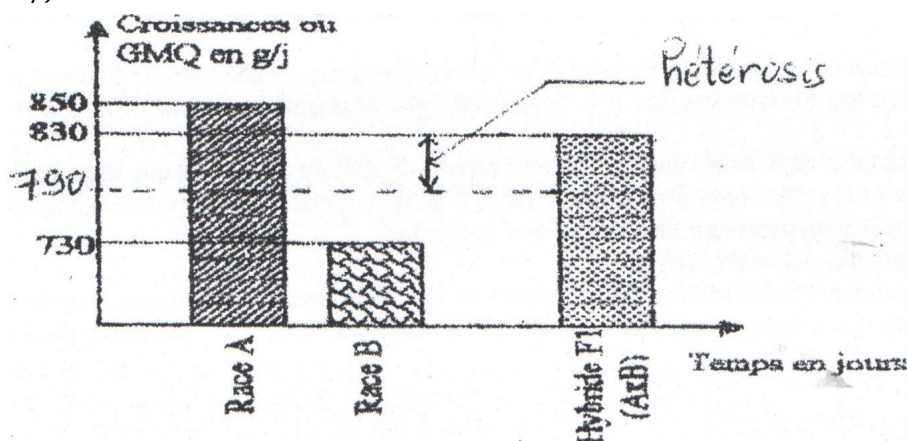
Le GMQ de l'hybride est supérieur à la moyenne des GMQ des races A et B parce que le croisement a permis de combiner les aptitudes ou performances présentes séparément chez les races.

3) a- Calcul de l'hétérosis

$$H = \text{GMQ}_{\text{HYBRIDE}} - \frac{\text{GMQ}_A + \text{GMQ}_B}{2}$$

$$H = 830 - \frac{850 + 730}{2} = 830 - 790$$

$$H = 40 \text{ g/j}$$



b- Détermination graphique de l'hétérosis

4) a- Ce type de croisement est une hybridation b- Définition de l'hybridation L'hybridation est le croisement de deux races aux caractéristiques différentes permettant de combiner les aptitudes ou les performances présentes chez les deux races ; les descendants sont des hybrides.

EXERCICE 102

1) a- Explication : tous les Xénopes adultes sont identiques et de même sexe car ils proviennent de

la même cellule-œuf qui a subi plusieurs mitoses ou reproduction conforme.
b- Évaluons le nombre de mitoses

$$2^n = 64 \longrightarrow \ln 2^n = \ln 64 \longrightarrow n \ln 2 = \ln 64 \text{ donc } n = \frac{\ln 64}{\ln 2} = 6$$

Le nombre de mitoses ayant permis d'obtenir les 64 noyaux de cellules intestinales est 6.

2) a- L'ensemble des 40 Xénopes obtenus est un clone, b- La technique utilisée est le clonage.

3) Dans le clonage, chaque élément d'un clone est identique à tous les autres, ceci est le résultat des mitoses ou reproductions conformes répétées d'un seul parent. Dans la reproduction sexuée, la méiose qui, d'une part assure la formation des gamètes, par les brassages inter et intra chromosomiques est déjà une cause d'originalité. Aussi, la fécondation qui, d'autre part est un phénomène aléatoire (un seul spermatozoïde parmi des milliers féconde l'ovule) est la deuxième cause d'originalité. Ces deux phénomènes combinés font que chaque nouvel individu qui naît par reproduction sexuée est unique.

EXERCICE 103

1) La méthode probablement utilisée par le centre est la FIVETE. b- Principales étapes de la FIVETE :

- * Prélèvement du sperme et de l'ovule des races A et B au Sahel et au Kenya ;
- * fécondation in vitro ;
- * implantation de l'embryon au stade 32 cellules dans l'utérus d'une vache porteuse.

2) a- Le croisement réalisé est l'hybridation car les races parentales sont pures et différentes.
b- On en déduit que les descendants sont des hybrides.

3) a-Analyse du tableau

Les hybrides ont une production de matières grasses et un poids vif supérieurs à ceux des parents.

b- La particularité des descendants ainsi mise en évidence est la vigueur hybride ou le phénomène d'hétérosis qui est la supériorité des hybrides par rapport à la moyenne des deux parents.

4) Pour disposer de suffisamment d'individus pour fournir des échantillons aux différents centres d'élevage, le centre doit réaliser le clonage.